

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 7-8 классов

2023/24 учебный год



Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

Выберите среди перечисленных только химические явления:

Ответ:

 <input checked="" type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>
Выделение тепла и испускание света при горении парафиновой свечи	Излучение света светодиодной лампой	Выпадение кристаллов сахаров из мёда при его хранении
 <input checked="" type="checkbox"/>		 <input type="checkbox"/>
Помутнение раствора при пропускании углекислого газа через известковую воду		Появление паров фиолетового цвета при нагревании кристаллического иода

За каждый верный ответ — 2.5 балла

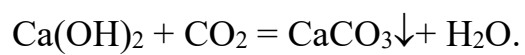
Штраф за каждый неверный ответ — 1.5 балла

При выборе более 3 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Любая реакция горения — химическое явление. При пропускании углекислого газа через известковую воду происходит химическая реакция:



Остальные явления — физические.

Задание № 2.1

Условие:

Для каждого свойства в левом столбце укажите одно соответствующее вещество в правом.

Ответ:

Самое тяжёлое (с наибольшей плотностью)	Медь
Самое летучее (с наименьшей температурой кипения)	Кислород
Обладающее запахом	Уксусная кислота
Цветное при обычных условиях	Медь
	Поваренная соль
	Магний
	Вода

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

Решение.

- а) Ответ на основе жизненного опыта: твёрдые вещества тяжелее жидких. В списке — три твёрдых вещества: поваренная соль (она не очень тяжёлая) и два металла — магний (лёгкий) и медь (довольно тяжёлая).
- б) В списке всего один газ, он и является правильным ответом.
- в) Ответ на основании жизненного опыта: металлы и соль не пахнут. Вода и кислород — также вещества без запаха. Из перечисленных веществ запахом (резким) обладает только уксусная кислота.
- г) Все указанные вещества — бесцветные, кроме меди. Кислород обладает цветом, но только в жидком и твёрдом состояниях.

Задание № 2.2

Условие:

Для каждого свойства в левом столбце укажите одно соответствующее вещество в правом.

Ответ:

Самое тяжёлое (с наибольшей плотностью)	Свинец
Самое тугоплавкое (с наибольшей температурой плавления)	Поваренная соль
Цветное при обычных условиях	Медный купорос
Обладающее запахом	Сероводород
	Кислород
	Вода

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

Решение.

а) Ответ на основе жизненного опыта. Твёрдые вещества тяжелее жидких. В списке — два твёрдых вещества: поваренная соль (она не очень тяжелая) и тяжёлый металл свинец.

б) В списке два твёрдых вещества. Свинец при нагревании плавится легко (даже на костре), а вот температура плавления хлорида натрия довольно высока.

в) Сероводород — газ с неприятным запахом. Остальные вещества не пахнут.

г) Все указанные вещества — бесцветные, кроме медного купороса. Кислород обладает цветом, но только в жидком и твёрдом состояниях.

Задание № 3.1

Условие:

Формула сахарозы — основного компонента сахара — $C_{12}H_{22}O_{11}$. В вашем распоряжении имеется 6000 атомов С, 15000 атомов Н, 5500 атомов О. Какое максимальное число молекул сахарозы можно составить из этих атомов?

Ответ: 500

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

В каждом случае надо выбрать элемент, который находится «в недостатке». Для этого число атомов каждого элемента делят на коэффициент в формуле сахарозы и выбирают элемент (или несколько элементов), у которого отношение наименьшее. Число молекул сахарозы равно этому наименьшему отношению.

$$C: 6000 : 12 = 500$$

$$H: 15000 : 22 = 682 > 500$$

$$O: 5500 : 11 = 500$$

В недостатке два элемента: С и О, их отношения равны.

Задание № 3.2

Условие:

Формула сахарозы — основного компонента сахара — $C_{12}H_{22}O_{11}$. В вашем распоряжении имеется 6000 атомов С, 15000 атомов Н, 4400 атомов О. Какое максимальное число молекул сахарозы можно составить из этих атомов?

Ответ: 400

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение по аналогии с заданием 3.1

Задание № 3.3

Условие:

Формула сахарозы — основного компонента сахара — $C_{12}H_{22}O_{11}$. В вашем распоряжении имеется 1200 атомов С, 26000 атомов Н, 880 атомов О. Какое максимальное число молекул сахарозы можно составить из этих атомов?

Ответ: 80

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение по аналогии с заданием 3.1

Задание № 3.4

Условие:

Формула сахарозы — основного компонента сахара — $C_{12}H_{22}O_{11}$. В вашем распоряжении имеется 1200 атомов С, 2600 атомов Н, 1200 атомов О. Какое максимальное число молекул сахарозы можно составить из этих атомов?

Ответ: 100

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение по аналогии с заданием 3.1

Задание № 4.1

Условие:

Дан список веществ: H_2O , H_2S , O_2 , SO_2 , H_2SO_4 , SO_3 .

Используя некоторые из них, заполните пропуски в уравнении реакции:



Ответ: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$.

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 3 балла

Задание № 4.2

Условие:

Дан список веществ: H_2O , CO , O_2 , CH_4 , CO_2 , O_3 .

Используя некоторые из них, заполните пропуски в уравнении реакции:



Ответ: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$.

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 3 балла

Задание № 4.3

Условие:

Дан список веществ: H_2O , H_2 , O_2 , CH_4 , CO_2 , O_3 .

Используя некоторые из них, заполните пропуски в уравнении реакции:



Ответ: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$.

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 3 балла

Задание № 5.1

Условие:

При нагревании часть твёрдых веществ возгоняется или разлагается, не достигнув плавления. Выберите вещества, которые ни при каких условиях не превращаются в жидкость:

Ответ:

- Лёд
- Углекислый газ
- Оксид ртути (II)
- Магний
- Крахмал

За каждый верный ответ — 2 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 1 балл

При выборе более 2 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Лед и магний плавятся при нагревании, углекислый газ может быть жидким при повышенном давлении. Остаются оксид ртути (II) и крахмал, они при нагревании разлагаются.

Задание № 5.2

Условие:

При нагревании часть твёрдых веществ возгоняется или разлагается, не достигнув плавления. Выберите вещества, которые ни при каких условиях не превращаются в жидкость:

Ответ:

- Железо
- Малахит
- Поваренная соль
- Целлюлоза
- Кислород

За каждый верный ответ — 2 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 1 балл

При выборе более 2 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Железо и поваренная соль плавятся при нагревании, кислород становится жидким при охлаждении. Остаются малахит и целлюлоза, они при нагревании разлагаются.

Задание № 6

Условие:

Установите соответствие между характеристиками газов и их формулами.

Ответ:

Газ, при растворении которого в воде образуется нашатырный спирт	NH_3
Негорючий газ, используемый для заполнения аэростатов	He
Самый лёгкий газ	H_2
Газ, используемый для обеззараживания воды	O_3
Газ, имеющий характерную окраску	NO_2

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

Решение.

Нашатырный спирт — это раствор NH_3 в воде.

Для заполнения аэростатов используют He, который не горюч и абсолютно безопасен, в отличие от более лёгкого водорода.

Самый лёгкий — газ с наименьшей молекулярной массой, H_2 .

Для обеззараживания воды используют O_3 .

NO_2 — бурый газ, остальные бесцветны.

Задание № 7

Условие:

Для протекания некоторых процессов требуется воздействие света, представляющего собой электромагнитное излучение определённой частоты. Выберите химические процессы, протекающие под действием света при комнатной температуре:

Ответ:

- Испарение воды
- Разложение бромида серебра
- Растворение поваренной соли
- Фотосинтез
- Горение магния

За каждый верный ответ — 2 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 1 балл

При выборе более 2 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Вода испаряется даже при комнатной температуре, если давление пара в окружающей среде меньше давления насыщенных паров. Бромид серебра разлагается на простые вещества при освещении. Поваренная соль растворяется в воде самопроизвольно. Магний испускает свет при горении, но для реакции освещение не требуется. Фотосинтез происходит только под действием света.

Задание № 8

Условие:

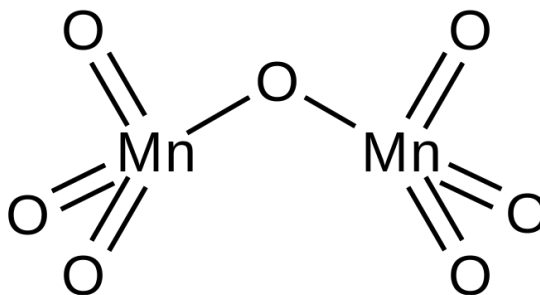
В молекуле оксида марганца (VII) два атома марганца соединены друг с другом одним общим атомом кислорода. Сколько атомов кислорода связаны с одним атомом марганца?

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Структурная формула оксида марганца (VII):



Задание № 9.1

Общее условие:

Самый сильный магнит способен оторвать от земли кусок железа, масса которого в тысячу раз больше массы магнита. Такой магнит состоит из вещества, включающего три элемента — лантаноид неодим Nd ($A_r = 144$), железо Fe ($A_r = 56$) и бор B ($A_r = 11$). На один атом бора приходится суммарно 16 атомов неодима и железа, а относительная молекулярная масса вещества равна 1083.

Условие:

Во сколько раз число атомов неодима больше числа атомов бора? Ответ округлите до целых.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

$$N(\text{Nd}) : N(\text{B}) = 2$$

Условие:

Чему равна массовая доля неодима в магните? Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [26.5; 26.7]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Возьмём в формульной единице один атом В, x атомов Nd, y атомов Fe.

Выразим число атомов и относительную молекулярную массу через x и y :

$$x + y = 16$$

$$144x + 56y + 11 = 1083$$

$$x = 2, y = 14.$$

$$\omega(\text{Nd}) = 2 \cdot 144 : 1083 = 0.266 = 26.6 \%$$

Задание № 9.2

Общее условие:

Самый сильный магнит способен оторвать от земли кусок железа, масса которого в тысячу раз больше массы магнита. Такой магнит состоит из вещества, включающего три элемента — лантаноид неодим Nd ($A_r = 144$), железо Fe ($A_r = 56$) и бор B ($A_r = 11$). На один атом бора приходится суммарно 16 атомов неодима и железа, а относительная молекулярная масса вещества равна 1083.

Условие:

Во сколько раз число атомов железа больше числа атомов бора? Ответ округлите до целых.

Ответ: 14

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равна массовая доля железа в магните? Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [72.3; 72.5]

Точное совпадение ответа — 2 балла

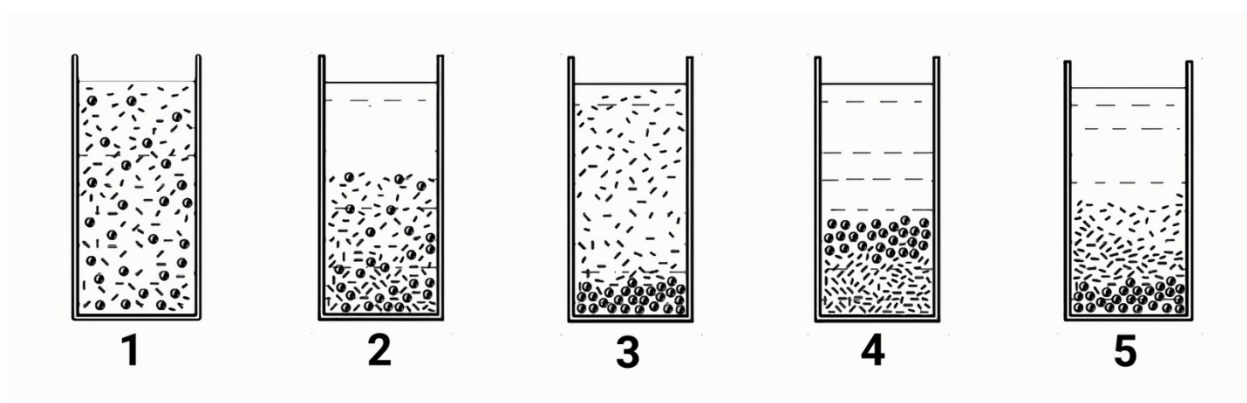
Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 9.1

Задание № 10

Условие:

Отстаивание — метод разделения нерастворимых веществ, частицы которых обладают разной плотностью и/или размером. Смесь песка и глины поместили в стакан с водой, хорошо перемешали и оставили отстаиваться. Выберите **только три** рисунка, которые иллюстрируют модель «поведения» частиц песка и глины при этом, и расположите их в порядке «развития» процесса отстаивания во времени.



Частицы глины обозначены символом , частицы песка — 

Ответ:

- 1
- 3
- 5
- 2
- 4

Точное совпадение ответа — 6 баллов

Решение.

Вначале смесь хорошо перемешана, и частички песка и глины равномерно распределены по объёму, рис. 1. Первыми оседают более тяжёлые частички песка (рис. 3), потом — глины (рис. 5).

Задание № 11

Общее условие:

В трактате «Малый алхимический свод» Альберт Великий, немецкий философ XIII века, так описывает свойства одного из семи металлов, известных с древнейших времён: «плотная жидкость, которая находится во чреве земли...». Данный металл встречается в природе в составе соединения с серой, сульфида. В этом соединении на один атом металла приходится один атом серы, а массовая доля атомов металла составляет 86.24 %.

Условие:

Запишите химический символ этого металла.

Ответ: Hg

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите формулу бинарного сульфида, речь о котором идёт в условии.

Ответ: HgS

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Сам металл и подавляющее большинство его соединений — высокотоксичные вещества. Особенно опасны легкорастворимые соли. Известно хорошо растворимое бинарное соединение, содержащее 73.86 % (по массе) рассматриваемого металла. Запишите химическую формулу этого соединения.

Ответ: HgCl₂

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Жидкий металл — Hg.

Формула соединения с серой фактически дана в условии:

$$\text{HgS } (\omega(\text{Hg}) = 200.5 : 232.5 = 0.8624 = 86.24 \%).$$

Ещё одно соединение содержит 73.86 % ртути по массе, что соответствует молярной массе (на один моль ртути) $200.5 : 0.7386 = 271.5$ г/моль. Такую молярную массу имеет хлорид ртути (II) HgCl₂.

Задание № 12

Условие:

Кристаллогидраты — кристаллические вещества, содержащие химически связанные молекулы воды. Вода, входящая в их состав, называется кристаллизационной. Известный пример такого соединения — медный купорос, пятиводный кристаллогидрат сульфата меди (II). Формула медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ показывает, что в одной формульной единице этого вещества содержится пять молекул воды.



В таблице приведены некоторые сведения о четырёх кристаллогидратах. Определите количество молекул воды в формульных единицах каждого из них, заполните пропуски.

$\text{FeSO}_4 \cdot \dots\text{H}_2\text{O}$	В одной формульной единице содержится 14 атомов водорода
$\text{CaSO}_4 \cdot \dots\text{H}_2\text{O}$	В одной формульной единице содержится 6 атомов кислорода
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \dots\text{H}_2\text{O}$	На каждые семь атомов кислорода приходится десять атомов водорода
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \dots\text{H}_2\text{O}$	Общее число атомов в одной формульной единице равно 21

Ответ:

- ✓ 7
- ✓ 2
- ✓ 10
- ✓ 4

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	В одной формульной единице содержится 14 атомов водорода
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	В одной формульной единице содержится 6 атомов кислорода
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	На каждые семь атомов кислорода приходится десять атомов водорода
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Общее число атомов в одной формульной единице равно 21

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

Решение.

Все атомы водорода находятся в кристаллизационной воде:

$$n = 14/2 = 7. \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}.$$

4 атома O — в CaSO_4 , оставшиеся два — в H_2O . $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

$$N(\text{O}) / N(\text{H}) = (4+n) / 2n = 7/10. n = 10. \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}.$$

В формульной единице безводной соли 9 атомов, в n молекулах воды $21 - 9 = 12$ атомов, $n = 12/3 = 4$. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2023/24 учебный год

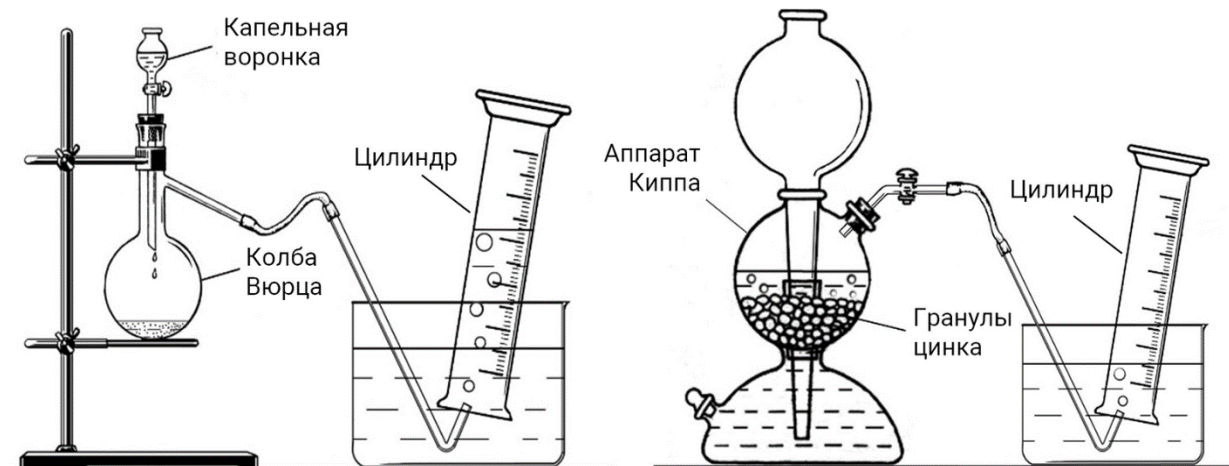
Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

В колбу Вюрца поместили кристаллы перманганата калия. Капельную воронку наполнили концентрированным раствором вещества **А**. Когда открыли кран капельной воронки, раствор **А** начал взаимодействовать с кристаллами перманганата калия в колбе Вюрца, при этом выделялся газ **Б**, простое вещество жёлто-зелёного цвета, и его собирали в цилиндр. Заполнив цилиндр на половину объёма, опыт прекратили.

В аппарат Киппа поместили гранулы цинка и залили раствор вещества **А**. При взаимодействии раствора **А** с цинком выделялся бесцветный газ **В**, который собирали в цилиндр, наполовину заполненный газом **Б**.



Цилиндр, заполненный смесью газов **Б** и **В**, неплотно закрыли пробкой, извлекли из ванны и осветили яркой вспышкой света. В результате очень быстрой реакции образовался газ **А**.

Газ **А** хорошо растворяется в воде. Раствор **А** реагирует с пищевой (пищевой) содой. В результате реакции выделяется газ **Г**, а в растворе образуется соль **Д**.
Запишите формулы веществ.

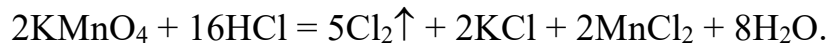
Ответ:

А	HCl
Б	Cl ₂
В	H ₂
Г	CO ₂
Д	NaCl

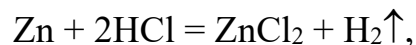
За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

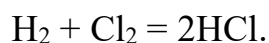
Простое вещество жёлто-зелёного цвета — Cl₂ (газ **Б**). Его получают окислением HCl (газ **А**):



Цинк с соляной кислотой дают водород (газ **В**):



который реагирует с хлором:



Раствор HCl (соляная кислота) реагирует с карбонатом натрия:



Задание № 2

Общее условие:

Вещество состоит из ионов, имеющих одинаковую электронную конфигурацию. Масса положительного иона более чем втрое превышает массу отрицательного иона.

Условие:

Запишите формулу вещества.

Ответ: LiH

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите электронную конфигурацию ионов, входящих в состав вещества (пример записи: $1s^2 2s^2 2p^2$).

Ответ: $1s^2$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Отрицательный ион должен быть очень лёгким. Самый лёгкий анион — H^- , его электронная конфигурация — $1s^2$. Такую же электронную конфигурацию имеет положительный ион лития, Li^+ , который почти в 7 раз тяжелее иона H^- .
Формула вещества — LiH.

Задание № 3.1

Условие:

Плотность воздуха при определённых температуре и давлении равна 1.00 г/л. Смесь кислорода с неизвестным газом при этих же условиях имеет плотность 1.25 г/л. Какой это мог быть газ?

Ответ:

- Гелий
- Неон
- Аргон
- Криптон

За каждый верный ответ — 2 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Относительная плотность смеси по воздуху равна $1.25 : 1.00 = 1.25$, следовательно, молярная масса смеси: $M = 29 \cdot 1.25 = 36.25$ г/моль. Молярная масса кислорода меньше средней, значит, молярная масса второго газа больше средней, $M_2 > 36.25$ г/моль. Это Ar и Kr.

Задание № 3.2

Условие:

Плотность водорода при определённых температуре и давлении равна 0.10 г/л. Смесь азота с неизвестным газом при этих же условиях имеет плотность 1.20 г/л. Какой это мог быть газ?

Ответ:

- Неон
- Аргон
- Аммиак
- Углекислый газ

За каждый верный ответ — 2 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Относительная плотность смеси по водороду равна $1.20 : 0.10 = 12$, следовательно, молярная масса смеси: $M = 2 \cdot 12 = 24$ г/моль. Молярная масса азота больше средней, значит, молярная масса второго газа меньше средней, $M_2 < 24$ г/моль. Это Ne и NH₃.

Задание № 4.1

Общее условие:

Для лучевой терапии рака используют один из радиоактивных изотопов стронция. Его вводят в организм в виде растворимого хлорида, в котором массовая доля металла составляет 55.6 %.

Условие:

Определите массовое число изотопа.

Ответ: 89

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите период его полураспада, если известно, что за 101 сутки распадается 75 % изотопа. Ответ выразите в сутках, округлите до десятых.

Ответ: 50.5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Обозначим массовое число стронция A , тогда массовая доля металла в хлориде: $\omega(\text{Sr}) = A : (A + 71) = 0.556$, откуда $A = 89$.

75 % стронция распалось, 25 % (то есть $1 / 4$) осталось. Это означает, что прошло 2 периода полураспада, так как $1 / 4 = (1 / 2)^2$. Период полураспада стронция-89 равен $101 / 2 = 50.5$ сут.

Задание № 4.2

Общее условие:

Для лучевой терапии некоторых видов рака используют один из радиоактивных изотопов иода. Его вводят в организм в виде растворимой соли натрия, в которой иод проявляет отрицательную степень окисления, а его массовая доля составляет 85.06 %

.

Условие:

Определите массовое число изотопа.

Ответ: 131

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите период его полураспада, если известно, что за 16 суток распадается 75 % радиоактивного иода. Ответ выразите в сутках, округлите до целых.

Ответ: 8

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Обозначим массовое число иода A , тогда массовая доля иода в иодиде натрия: $\omega(I) = A : (A + 23) = 0.8506$, откуда $A = 131$.

75 % иода распалось, 25 % (то есть $1/4$) осталось. Это означает, что прошло 2 периода полураспада, так как $1/4 = (1/2)^2$.

Период полураспада иода-131 равен $16 / 2 = 8$ сут.

Задание № 5.1

Условие:

Заполните пропуски химическими формулами.

При разложении соединения ... образовалось два простых вещества: 165.6 г металла ... и 53.76 л (н.у.) негорючего газа ...

Ответ:

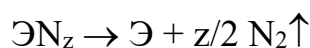
При разложении соединения **Pb(N₃)₂** или **PbN₆** образовалось два простых вещества: 165.6 г металла **Pb** и 53.76 л (н.у.) негорючего газа **N₂**.

За верно определённое соединение — 2 балла, за каждое верно определённое простое вещество — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

Негорючий газ N₂.

Пусть формула соединения — ЭN_z, тогда уравнение разложения имеет вид:



$$\nu(\text{N}_2) = 53.76/22.4 = 2.4 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{Э}) = 2.4 / (z/2) = 4.8 / z.$$

$$M(\text{Э}) = 165.6 / (4.8/z) = 34.5 \cdot z.$$

При $z = 6$ получаем $M(\text{Э}) = 207$ г/моль — Pb.

Соединение — азид свинца, PbN₆ или Pb(N₃)₂.

Задание № 5.2

Условие:

Заполните пропуски химическими формулами.

При разложении соединения ... образовалось два простых вещества: 44.8 г металла ... и 47.04 л (н.у.) негорючего газа ...

Ответ:

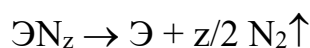
При разложении соединения $\text{Cu}(\text{N}_3)_2$ или CuN_6 образовалось два простых вещества: 44.8 г металла Cu и 47.04 л (н.у.) негорючего газа N_2 .

За верно определённое соединение — 2 балла, за каждое верно определённое простое вещество — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

Негорючий газ — N_2 .

Пусть формула соединения — ЭN_z , тогда уравнение разложения имеет вид:



$$\nu(\text{N}_2) = 47.76/22.4 = 2.1 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{Э}) = 2.1 / (z/2) = 4.2 / z.$$

$$M(\text{Э}) = 44.8 / (4.8/z) = 10.67 \cdot z.$$

При $z = 6$, получаем $M(\text{Э}) = 64 \text{ г/моль}$ — Cu .

Соединение — азид меди (II), CuN_6 или $\text{Cu}(\text{N}_3)_2$.

Задание № 6

Общее условие:

Чтобы нагреть воздух в небольшой квартире на 1 градус Цельсия, требуется 200 кДж теплоты. Для этого можно использовать три вида топлива, теплоты сгорания которых приведены в таблице.

Топливо	Водород H ₂	Уголь С	Метан CH ₄
Теплота сгорания, кДж/моль	286	394	890

Условие:

Какого топлива потребуется меньше всего по массе?

Ответ:

- Водорода
- Угля
- Метана

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

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

Ответ: 1.4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Теплоту в расчёте на единицу массы называют удельной. Наибольшая удельная теплота — у водорода: $286 \text{ кДж/моль} / 2 \text{ г/моль} = 143 \text{ кДж/г}$. Для получения 200 кДж надо сжечь $200 / 143 = 1.4 \text{ г H}_2$.

Задание № 7

Общее условие:

Оксид редкого металла, расположенного в третьей группе Периодической системы, имеет нежный розовый цвет. Массовая доля металла в оксиде равна 87.43 %.



Условие:

Запишите порядковый номер неизвестного металла.

Ответ: 68

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Запишите формулу оксида этого металла.

Ответ: Er_2O_3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Формула оксида элемента 3 группы — $\text{Э}_2\text{O}_3$.

$$\omega(\text{Э}) = 2M(\text{Э}) / (2M(\text{Э}) + 16 \cdot 3) = 0.8743.$$

$M(\text{Э}) = 167$ г/моль — эрбий, Er, порядковый номер 68. Формула оксида — Er_2O_3 .

Задание № 8

Условие:

Заполните пропуски химическими формулами и символами элементов.

Знаменитая скульптура Большого каскада Петергофа выполнена из сплава двух металлов — ... и ..., а снаружи покрыта золотом. Если образец такого сплава массой 10.0 г обработать соляной кислотой, то он растворится в ней лишь частично, выделив 1.2 л (н.у.) водорода и образовав 6.5 г твёрдого остатка — розово-красного порошка ..., который темнеет на воздухе.

Если к образовавшемуся раствору по каплям добавлять раствор гидроксида натрия, наблюдается выпадение белого осадка вещества ..., который растворяется в избытке щёлочи. Это вещество относится к классу ...

Ответ:

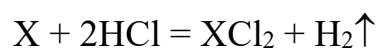
Знаменитая скульптура Большого каскада Петергофа выполнена из сплава двух металлов — **Zn** и **Cu**, а снаружи покрыта золотом. Если образец такого сплава массой 10.0 г обработать соляной кислотой, то он растворится в ней лишь частично, выделив 1.2 л (н.у.) водорода и образовав 6.5 г твёрдого остатка — розово-красного порошка **Cu**, который темнеет на воздухе.

Если к образовавшемуся раствору по каплям добавлять раствор гидроксида натрия, наблюдается выпадение белого осадка вещества **Zn(OH)₂**, который растворяется в избытке щёлочи. Это вещество относится к классу **амфотерных гидроксидов**.

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

Решение.

Розово-красный порошок Y, который не растворяется в соляной кислоте, — медь Cu. Металл X в кислоте растворяется. Пусть металл — двухвалентный, тогда:

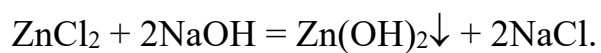


$$v(\text{H}_2) = 1.2 / 22.4 = 0.0536 \text{ моль} = v(\text{X}),$$

$$m(\text{X}) = 10 - 6.5 = 3.5 \text{ г},$$

$$M(\text{X}) = 3.5 / 0.0536 = 65 \text{ г/моль} — \text{Zn}.$$

Хлорид цинка реагирует с щёлочью, образуя при недостатке последней нерастворимый гидроксид $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (вещество Z):



$\text{Zn}(\text{OH})_2$ — амфотерный гидроксид.

Задание № 9

Общее условие:

Одной из первых химических реакций, осуществлённых человеком в древние времена, стал синтез синего пигмента, которого не существует в природе. Этот пигмент представляет собой кристаллическое вещество, состоящее из кальция, кремния, кислорода и неизвестного элемента X. Для получения пигмента использовали мел, малахит и кварцевый песок. Массовые доли элементов в синем пигменте: кальций — 10.6 %; кремний — 29.8 %; кислород — 42.6 %.



Условие:

Запишите химический символ элемента X.

Ответ: Cu

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите химическую формулу синего пигмента, расположив элементы в порядке убывания их атомных масс.

Ответ: $\text{CuCaSi}_4\text{O}_{10}$

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

В состав малахита входит элемент медь, она же является одним из компонентов синего пигмента, **X** — Cu.

Формулу пигмента найдём по массовым долям.

$$\omega(\text{Cu}) = 100 - 10.6 - 29.8 - 42.6 = 17.0\%.$$

$$\begin{aligned} \nu(\text{Cu}) : \nu(\text{Ca}) : \nu(\text{Si}) : \nu(\text{O}) &= (17.0/64) : (10.6/40) : (29.8/28) : (42.6/16) = \\ &= 1 : 1 : 4 : 10. \text{ Формула пигмента — } \text{CuCaSi}_4\text{O}_{10}, \text{ это египетский синий.} \end{aligned}$$

Задание № 10

Общее условие:

Лекарственный препарат, применяемый при расстройствах пищеварения, состоит из двух бинарных соединений магния: **A** и **B**. Массовая доля вещества **A** в этом препарате составляет 15 %, а **B** — 85 %. При нагревании соединение **A** разлагается, превращаясь в **B**. Это превращение сопровождается выделением газа, простого вещества без цвета и без запаха. Глеющая лучинка, внесённая в выделяющийся газ, ярко вспыхивает.

Если нагреть 28.0 г данного лекарственного препарата, то после полного превращения **A** в **B** масса твёрдого остатка составит 26.8 г.

Бинарные соединения — вещества, состоящие из двух элементов.

Условие:

Запишите формулы веществ **A** и **B**.

Ответ:

A: MgO_2

B: MgO

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 2 балла

Условие:

Какой объём газа (н.у.) выделяется при нагревании 28.0 г лекарственного препарата, описанного в условии задания? Ответ выразите в миллилитрах, округлите до целых.

Ответ: 840

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Начнём со второго вопроса. При разложении А выделяется кислород, его масса $28.0 - 26.8 = 1.2$ г.

$$\nu(\text{O}_2) = 1.2 / 32 = 0.0375 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 0.0375 \cdot 22.4 = 0.84 \text{ л} = 840 \text{ мл.}$$

Очевидно, что продукт разложения, вещество В — устойчивый оксид магния, MgO. В реакцию разложения вступает $28 \cdot 15 \% : 100\% = 4.2$ г А, при этом теряется 1.2 г O₂ и образуется $4.2 - 1.2 = 3.0$ г MgO.

$$\nu(\text{MgO}) = 3.0 : 40 = 0.075 \text{ моль} = \nu(\text{A}),$$

$M(\text{A}) = 4.2 : 0.075 = 56$ г/моль — это пероксид магния, MgO.

Задание № 11

Условие:

В пробирках, пронумерованных цифрами 1–5, выданы растворы следующих кислот: азотная, серная, хлороводородная, иодоводородная и сероводородная. Из каждой пробирки отобрали пробы растворов по 1 мл, к которым добавили бромную воду. В пробе из пробирки 1 наблюдалось появление интенсивной бурой окраски раствора. В пробе из пробирки 5 жёлто-бурая окраска бромной воды исчезла, раствор помутнел. В пробах из пробирок 2, 3 и 4 изменений не наблюдали.

Затем из пробирок 2, 3 и 4 снова отобрали пробы по 1 мл, к которым добавили раствор хлорида бария. Изменения наблюдались только в пробе из пробирки 3, в ней выпал осадок белого цвета. В пробирки 2 и 4 поместили по кусочку медной проволоки. В пробирке 2 изменений не наблюдалось, а в пробирке 4 медь начала растворяться, из раствора выделялся газ, буреющий на воздухе. Установите соответствие между номерами и содержимым пробирок.

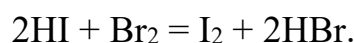
Ответ:

1	Иодоводородная кислота
2	Хлороводородная кислота
3	Серная кислота
4	Азотная кислота
5	Сероводородная кислота

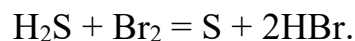
За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

Решение.

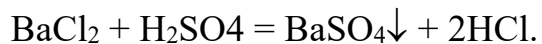
1) В пробирке 1 — иодоводородная кислота, при её реакции с бромной водой выделяется иод, который окрашивает раствор в тёмный цвет:



2) В пробирке **5** — сероводородная кислота, она обесцвечивает бромную воду, при этом образуется коллоидная сера, вызывающая помутнение раствора:



3) В пробирке **3** — серная кислота, она образует осадок с хлоридом бария:



4) В пробирке **4** — азотная кислота, она растворяет медь с выделением бурого газа NO_2 :



5) Остаётся хлороводородная кислота в пробирке **2**.

Задание № 12

Общее условие:

Частицы твёрдых веществ могут находиться во взвешенном состоянии в газообразной или жидкой среде, например, частички пыли в воздухе или частички глины в воде. При определённых условиях под действием силы тяжести частицы твёрдого вещества оседают, этот процесс называют седиментацией. Скорость оседания частиц, имеющих сферическую форму, описывается уравнением:

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2(\rho - \rho_0)g}{\eta},$$

где v — скорость оседания частиц, r — радиус частиц, ρ — плотность частиц вещества, находящихся во взвешенном состоянии, ρ_0 — плотность среды, η — вязкость среды, g — ускорение свободного падения.

Условие:

Исследовали оседание частичек пыли в воздухе. Какие частички пыли оседают быстрее?

Ответ:

- Крупные
- Мелкие
- Одинаково
- Недостаточно данных

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Имеется смесь мелких частиц золота и речного песка, близких по размерам. Смесь высыпали в воду. Какие частицы оседают быстрее?

Ответ:

- Частицы золота
- Частицы речного песка
- Одинаково
- Недостаточно данных

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Исследовали седиментацию частиц кварца в воде. Затем повторили опыт, предварительно растворив в воде сахар. Как изменилась скорость оседания частиц кварца?

Ответ:

- Увеличилась
- Уменьшилась
- Не изменилась

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Имеются две партии микроскопических частиц золота сферической формы. Радиусы частиц в первой партии в два раза больше, чем во второй. Золотые частицы из обеих партий поместили в воду. Что наблюдалось?

Ответ:

- Частицы золота из разных партий оседают с одинаковой скоростью
- Частицы из первой партии оседают в два раза быстрее
- Частицы из первой партии оседают в четыре раза быстрее

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

1. Из формулы следует, что скорость оседания увеличивается с ростом размера частиц, поэтому крупные частицы оседают быстрее.
2. Из формулы следует, что скорость оседания увеличивается с ростом плотности вещества, поэтому тяжёлые частицы, в данном случае частицы золота, оседают быстрее.
3. Вязкость раствора сахара выше, чем вязкость чистой воды. Из формулы следует, что при увеличении вязкости скорость оседания уменьшается.
4. Из формулы следует, что при увеличении радиуса частиц в 2 раза скорость оседания увеличится в 4 раза.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 11 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1.1

Общее условие:

Иод является важным микроэлементом, необходимым для биосинтеза гормонов щитовидной железы. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует потреблять 120 мкг иода в сутки. Одним из вариантов восполнения дефицита иода является использование в пище йодированной соли.

Условие:

Какую минимальную массу йодированной соли, содержащей 20 мг иодата калия (KIO_3) на 1 кг хлорида натрия, нужно потреблять человеку в сутки, чтобы это соответствовало рекомендациям ВОЗ? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 10

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Выберите основную причину, по которой в соль НЕ добавляют простое вещество иод:

Ответ:

- Иод взрывоопасен
- Соль будет не белого цвета
- Иод реагирует с солью
- ✓ Иод улетучивается

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Содержание иода в 20 мг иодата калия, т.е. в 1 кг йодированной соли, равно:

$$20 \cdot 127 / (39 + 127 + 48) = 11.9 \text{ мг или } 11900 \text{ мкг.}$$

Тогда для восполнения дефицита иода в сутки необходимо потреблять:

$$1000 \cdot 120 / 11900 = 10 \text{ г йодированной соли.}$$

Задание № 1.2

Общее условие:

Иод является важным микроэлементом, необходимым для биосинтеза гормонов щитовидной железы. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует потреблять 140 мкг иода в сутки. Одним из вариантов восполнения дефицита иода является использование в пище йодированной соли.

Условие:

Какую минимальную массу йодированной соли, содержащей 30 мг иодата калия (KIO_3) на 1 кг хлорида натрия, нужно потреблять человеку в сутки, чтобы это соответствовало рекомендациям ВОЗ? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 8

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Выберите основную причину, по которой в соль НЕ добавляют простое вещество иод:

Ответ:

- Иод взрывоопасен
- Соль будет не белого цвета
- Иод реагирует с солью
- Иод улетучивается

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 1.1

Задание № 2

Условие:

Кристаллы вещества **X** бирюзового цвета при нагревании теряют 21 % своей массы, превращаясь в вещество **Y**. Если продукт **Y** оставить во влажной среде, то он снова перейдет в вещество **X**. Определите вещество **X**, если известно, что при сливании 10 г 10 %-ного раствора **Y** с избытком раствора нитрата серебра выпадает белый творожистый осадок массой 2.13 г.

Запишите молярную массу вещества **X**, ответ выразите в г/моль, округлите до целых. При расчетах молярные массы округляйте до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [170; 171]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение:

Белый творожистый осадок, выпадающий при добавлении нитрата серебра, по всей видимости, хлорид серебра. Количество вещества AgCl составляет:

$$N = 2.13 / 143.5 = 0.0148 \text{ моль}$$

Тогда в 1 г вещества **Y** содержится 0.0148 моль (0.525 г) атомов хлора.

Оставшиеся 0.475 г приходятся, по-видимому, на катион. Если искомое вещество — монохлорид, то атомная масса неизвестного элемента 32 а.е.м. — подходящего элемента нет (сера не подходит — валентность один у нее не наблюдается). Если искомое вещество — дихлорид, атомная масса неизвестного элемента 64 а.е.м., что соответствует меди.

Обратимая потеря массы при нагревании обусловлена, вероятно, удалением кристаллизационной воды. Тогда на 1 г вещества **Y** приходится $(1/0.79 - 1) = 0.266$ г воды, что составляет 0.0148 моль, т.е. количество вещества воды равно количеству вещества атомарного хлора. Тогда вещество **X** — $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Его молярная масса составляет 171 г/моль.

Задание № 3.1

Общее условие:

Существование элемента X было предсказано Д. И. Менделеевым на основании Периодического закона и в дальнейшем подтверждено экспериментально. При стандартных условиях простое вещество X твёрдое, имеет металлический блеск, растворимо в кислотах и концентрированных щелочах. При взаимодействии 1.00 г металла с избытком хлора образуется 2.52 г продукта. Запишите химический символ элемента X.

Ответ: Ga

Точное совпадение ответа — 4 балла

Условие:

Запишите название элемента X, данное ему Дмитрием Ивановичем Менделеевым.

Ответ: Экаалюминий

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Как известно, Дмитрий Иванович Менделеев предсказал свойства трёх неоткрытых элементов — скандия (экабор), галлия (экаалюминий) и германия (экакремний). При взаимодействии с избытком хлора первые два образуют трихлориды, а германий — тетрахлорид. Определим массовые доли хлора в каждом из этих высших хлоридов:

$$\text{ScCl}_3: 35.5 \cdot 3 / (35.5 \cdot 3 + 45) = 70.3 \%$$

$$\text{GaCl}_3: 35.5 \cdot 3 / (35.5 \cdot 3 + 70) = 60.3 \%$$

$$\text{GeCl}_4: 35.5 \cdot 4 / (35.5 \cdot 4 + 73) = 66.0 \%$$

В высшем хлориде неизвестного элемента массовая доля хлора составляет $1.52 / 2.52 = 60.3 \%$, следовательно, неизвестный элемент — галлий (экаалюминий).

Задание № 3.2

Общее условие:

Существование элемента **X** было предсказано Д. И. Менделеевым на основании Периодического закона и в дальнейшем подтверждено экспериментально. При стандартных условиях простое вещество **X** твёрдое, имеет металлический блеск, растворимо в кислотах и концентрированных щелочах. При взаимодействии 1.00 г металла с избытком брома образуется 6.33 г продукта. Запишите химический символ элемента **X**.

Ответ: Sc

Точное совпадение ответа — 4 балла

Запишите название элемента **X**, данное ему Дмитрием Ивановичем Менделеевым.

Ответ: Экабор

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 3.1

Задание № 4.1

Условие:

Пищевая добавка E338 (ортофосфорная кислота) изучена довольно хорошо, её концентрации в пищевых продуктах (напитки, колбасы, плавленые сыры, мармелад и пр.) не представляют опасности. Эта добавка является компонентом довольно распространённого напитка — колы. Содержание ортофосфорной кислоты составляет примерно 0.07 г на 100 г напитка.



Определите pH колы. При решении считайте, что только ортофосфорная кислота определяет pH напитка, и используйте только первую ступень диссоциации. Константы кислотности ортофосфорной кислоты:

$K_{a1} = 7.52 \cdot 10^{-3}$; $K_{a2} = 6.31 \cdot 10^{-8}$; $K_{a3} = 1.26 \cdot 10^{-12}$, плотность колы — 1.04 г/см^3 .

Ответ:

- 1.8
- 2.1
- 2.3
- 2.7
- 3.3
- 3.8

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Определим молярную концентрацию ортофосфорной кислоты.

Если в 100 г напитка содержится 0.07 г кислоты, то в 1000 г будет 0.7 г.

Количество вещества равно $0.7 \text{ г} : 98 \text{ г/моль} = 7.14 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$. Объём напитка такой массы равен $1000 \text{ г} : 1.04 \text{ г/см}^3 = 961.5 \text{ мл} = 0.96 \text{ л}$.

Тогда молярная концентрация $C = 7.14 \cdot 10^{-3} \text{ моль} : 0.96 \text{ л} = 7.44 \cdot 10^{-3} \text{ М}$.

Запишем уравнение диссоциации H_3PO_4 по первой ступени:



Запишем уравнение для константы диссоциации по первой ступени:

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{C - [\text{H}^+]}$$

Решение квадратного уравнения приводит к $[\text{H}^+] = 4.6 \cdot 10^{-3} \text{ М}$.

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 2.3$$

Задача № 4.2

Условие:

Пищевая добавка E338 (ортофосфорная кислота) изучена довольно хорошо, её концентрации в пищевых продуктах (напитки, колбасы, плавленые сыры, мармелад и пр.) не представляют опасности. Эта добавка является компонентом довольно распространённого напитка — колы. Содержание ортофосфорной кислоты составляет примерно 0.05 г на 100 г напитка.



Определите pH колы. При решении считайте, что только ортофосфорная кислота определяет pH напитка, и используйте только первую ступень диссоциации. Константы кислотности ортофосфорной кислоты:

$K_{a1} = 7.52 \cdot 10^{-3}$; $K_{a2} = 6.31 \cdot 10^{-8}$; $K_{a3} = 1.26 \cdot 10^{-12}$, плотность колы — 1.04 г/см^3 .

Ответ:

- 2.8
- 2.4
- 3.8
- 2.2
- 3.3
- 1.9

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 4.1

Задача № 5

Условие:

Определите число ациклических изомеров состава C_4H_8O без учёта геометрических изомеров.

Ответ: 15

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите число ациклических структурных изомеров состава C_4H_8O с учетом геометрических изомеров.

Ответ: 19

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Расположите классы органических соединений в порядке увеличения количества ациклических структурных изомеров состава C_4H_8O , относящихся к этому классу.

Ответ:

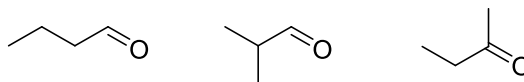
- ✓ Карбонильные соединения
- ✓ Простые эфиры
- ✓ Спирты
- Фенолы
- Карбоновые кислоты
- Сложные эфиры

Точное совпадение ответа — 2 балла

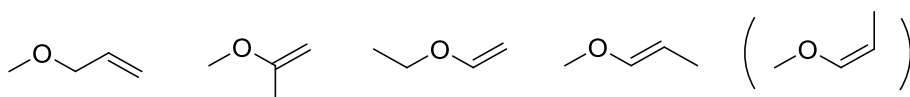
Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

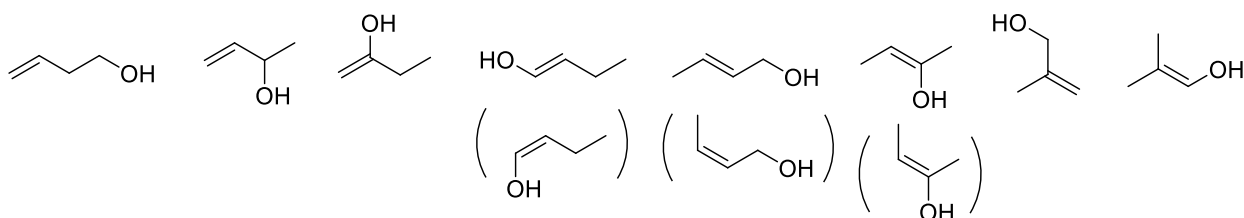
Существует 3 ациклических изомера состава C_4H_8O , которые относятся к классу карбонильных соединений:



4 изомера, которые относятся к классу простых эфиров (один из них имеет геометрический изомер):



8 изомеров, которые относятся к классу спиртов (три из них имеют геометрические изомеры):






Таким образом, число ациклических изомеров состава C_4H_8O без учёта геометрических изомеров равно 15, с учётом геометрических изомеров — 19.

Задача № 6

Общее условие:

Ниже зашифрована формула некоторого химического соединения, которое встречается в природе в виде минерала. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе.

Элемент			
Массовая доля, %	24.24	3.64	72.12

Условие:

Определите это вещество и запишите формулу катиона (без указания заряда).

Ответ: UO_2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу аниона (без указания заряда).

Ответ: CO_3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Предположим, что картинка с огнём символизирует горение и необходимый для него кислород. На второй картинке изображены грифели для карандаша, которые состоят из углерода. Наконец, изображённый на третьей картинке

«гриб» ядерного взрыва может указывать нам на элемент уран. Запишем общую формулу загаданного вещества как $U_xC_yO_z$ и попробуем составить брутто-формулу, запишем соотношение:

$$x : y : z = \frac{0.7212M}{238.03} : \frac{0.0364M}{12.01} : \frac{0.2424M}{16} = 0.003 M : 0.003 M : 0.015 M,$$

где M — молекулярная масса вещества.

Получим, что $x : y : z = 1 : 1 : 5$, тогда формула вещества: UCO_5 или UO_2CO_3 — карбонат уранила, встречающийся в природе в виде минерала рёзерфордина.

Задача № 7

Общее условие:

Папа Карло отдал Буратино на обучение в химический класс. Но дела мальчика продвигались туго.

— Ещё раз читаю условие задачи, — упавшим голосом произнесла Мальвина. — Органическое соединение **A** состава C_9H_{12} может быть получено из органического соединения **B** состава C_3H_4 . Известно, что при галогенировании **A** в присутствии катализатора может получиться только одно моногалогенпроизводное. Галогенирование **A** при облучении также приводит к образованию единственного моногалогенпроизводного.

— Разве так бывает? — искренне удивился Буратино.

Мальвина безнадежно махнула рукой и сказала:

— Ещё как бывает! Здесь же получились в разных условиях структурные изомеры монобромпроизводных.

Условие:

Запишите название соединения **A** по номенклатуре ИЮПАК.

Ответ: 1,3,5-триметилбензол (мезитилен)

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите название соединения **B** по номенклатуре ИЮПАК.

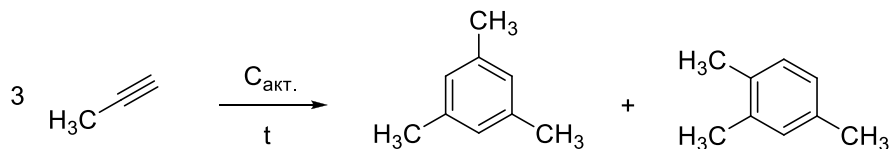
Ответ: пропин

Точное совпадение ответа — 2 балла

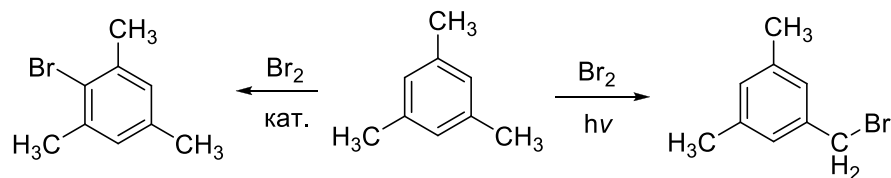
Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Хорошо известна реакция тримеризации ацетилена в бензол, она не является единственной — в реакцию тримеризации вступают и другие алкины. В задаче описана тримеризация пропина, при этом могут образоваться два продукта — 1,3,5-триметилбензол или 1,2,4- триметилбензол:



Ввиду симметричности первый из них может образовать только одно моногалогенпроизводное как в реакции по ароматическому кольцу, так и по боковой цепи:



Таким образом, вещество **A** — 1,3,5-триметилбензол (мезитилен),
вещество **B** — пропин.

Задача № 8

Общее условие:

Полимеры прочно вошли в жизнь человека. Например, инертный и термостойкий полимер **X** белого цвета находит широчайшее применение в промышленности и в быту. Он состоит из двух элементов, один из которых — углерод ($\omega(\text{C}) = 24\%$).

Условие:

Запишите формулу элементарного звена этого полимера.

Ответ: C_2F_4 или CF_2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите название этого полимера.

Ответ: Тефлон

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Общую формулу неизвестного полимер можно записать как $-(\text{CX}_2)_n-$

Исходя из процентного содержания углерода в полимере, на остаток, помимо углерода, приходится $12 \cdot 76 / 24 = 38$ г/моль. Это два атома фтора. Тогда элементарное звено полимера: C_2F_4 (или $\text{CF}_2\text{-CF}_2$). Название полимера — политетрафторэтилен (или тефлон). Как следует из названия, он образуется при полимеризации тетрафторэтилена.

Задача № 9

Общее условие:

В результате нагревания бензола со смесью концентрированных серной и азотной кислот химиком Колбочкиным было получено два основных продукта: жёлтое жидкое вещество с приятным запахом ($\omega(C) = 58.5\%$) и бесцветное твёрдое вещество ($\omega(C) = 42.9\%$).

Условие:

Запишите название жёлтого жидкого вещества по номенклатуре ИЮПАК.

Ответ: Нитробензол

Точное совпадение ответа — 2 балла.

Условие:

Запишите название бесцветного твёрдого вещества по номенклатуре ИЮПАК.

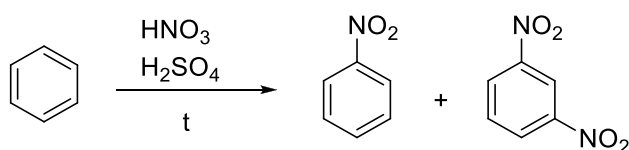
Ответ: 1,3-динитробензол

Точное совпадение ответа — 2 балла.

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

При нагревании бензола смесью концентрированных серной и азотной кислот (нитрующая смесь) происходит реакция электрофильного замещения водорода в кольце на нитрогруппу и образуется нитробензол (жёлтое жидкое вещество с приятным запахом). Это подтверждается расчётом процентного содержания углерода: $12 \cdot 6 / (12 \cdot 6 + 5 + 46) = 0.585$.



Для нахождения второго продукта определим его молярную массу. Так как число атомов углерода в процессе реакции, вероятно, сохраняется, то молярная масса второго вещества: $12 \cdot 6 / 0.429 = 168$ г/моль. Вычитая массу, приходящуюся на 6 атомов углерода и 4 атома водорода, получим 92 г/моль, что соответствует двум нитрогруппам. Таким образом, второй продукт — это продукт нитрования нитробензола. Нитрогруппа вследствие своих акцепторных свойств является мета-ориентантом, поэтому продуктом является 1,3-динитробензол.

Задание № 10

Условие:

Проучившись 4 года на химическом факультете, Незнайка (или уже Знайка!) отправился проводить химический анализ. Он получил задание определить состав неизвестного вещества общей формулой $C_nH_{2n+1}NH_2$.



«Меня учили, что для определения состава органических веществ можно сжечь образец, а продукты сгорания пропустить через сосуды с сухой щёлочью, металлическим магнием и сухим пентаоксидом фосфора... только я забыл порядок, в котором эти сосуды должны следовать друг за другом!».
Помогите Незнайке вспомнить порядок следования сосудов.

Ответ:

- ✓ Пентаоксид фосфора
- ✓ Сухая щёлочь
- ✓ Металлический магний

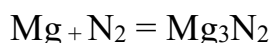
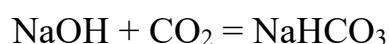
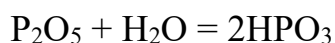
Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Исходя из брутто-состава $C_nH_{2n+1}NH_2$ становится понятно, что это вещество относится к классу предельных аминов. При его сгорании в качестве продуктов образуются углекислый газ, вода и азот. При пропускании этих продуктов

через склянки с сухой щёлочью, пентаоксидом фосфора и металлическим магнием в склянках будут протекать соответствующие реакции, и по изменению их масс можно будет проводить количественный анализ и судить о составе вещества. Наиболее целесообразно первой по очереди склянкой выбрать сосуд с пентаоксидом фосфора — он поглотит в себя пары воды. Далее будет следовать склянка со щёлочью, с которой вступит в реакцию углекислый газ. Оставшийся азот вступит в реакцию с металлическим магнием в третьей склянке.

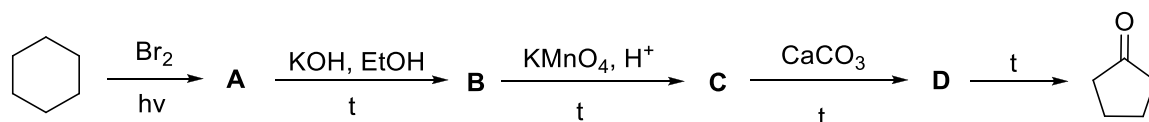
Если газообразные продукты реакции запустить сначала в склянку со щёлочью, то поглотятся и углекислый газ, и пары воды. Неправильным будет и пускать первой склянку с магнием — при нагревании он вступит в реакцию с углекислым газом и парами воды. Уравнения реакций:



Задание № 11

Условие:

Расшифруйте цепочку превращений, если известно, что неприятно пахнущее вещество **В** содержит 87.73 % углерода по массе.



Запишите молярные массы соединений **A**, **B**, **C**, **D**. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

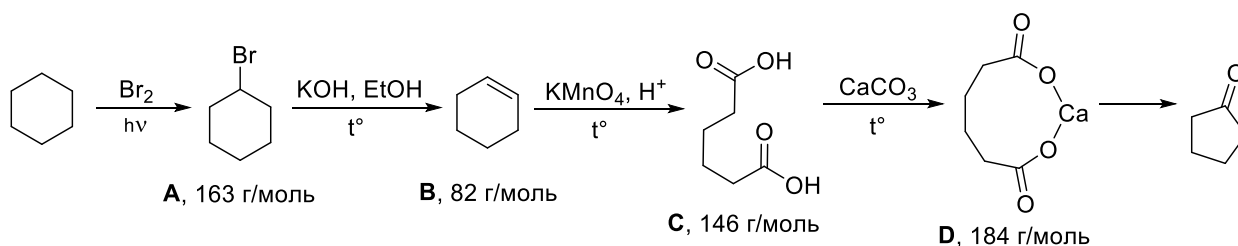
Ответ:

Соединение	A	B	C	D
Молярная масса	163	82	146	184

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

Решение.

Бромирование циклогексана в радикальных условиях приводит к образованию бромциклогексана, а его нагревание со спиртовым раствором щёлочи даёт циклогексен. Результатом окисления перманганатом в кислой среде при нагревании является адипиновая кислота, которая при нагревании реагирует с карбонатом кальция, образуя соль **D**. Пиролиз адипината кальция приводит к отщеплению карбоната кальция и образованию циклопентанона. Схема реакций с загаданными веществами:



Задача № 12

Условие:

При кислотном гидролизе сложного эфира состава $C_9H_{10}O_2$ образуются два органических соединения **A** и **B**. Известно, что **A** и **B** способны взаимодействовать с металлическим натрием и раствором гидроксида натрия, но не реагируют с иодоводородной кислотой. Соединение **B**, в отличие от **A**, способно вступать в реакции электрофильного замещения. Изомерное веществу **B** вещество **C** не реагирует с натрием и гидроксидом натрия, но взаимодействует с HCl . При этом так же, как и **B**, оно может вступать в реакции электрофильного замещения.

К каким классам соединений относятся вещества **A**, **B** и **C**?

Ответ:

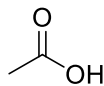
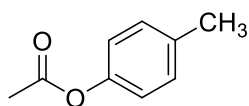
Карбоновые кислоты	A
Фенолы	B
Простые эфиры	C
Спирты	
Карбонильные соединения	
Сложные эфиры	

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

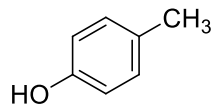
Решение.

Обычно при гидролизе сложного эфира образуется карбоновая кислота и спирт. Так как в условии сказано, что продукты гидролиза — соединения **A** и **B** — не реагируют с иодоводородной кислотой, то **B** — не спирт, а вещество класса фенолов (спирты реагируют с HCl). Это подтверждается также тем, что соединение **B** реагирует с гидроксидом натрия (спирты не реагируют) и вступает в реакции электрофильного замещения, что характерно для реакций ароматических соединений.

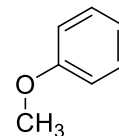
Вещество **С**, являющееся изомером **В**, не реагирует с натрием и гидроксидом натрия, следовательно, в его составе нет гидроксильной группы, но сохраняется ароматическое кольцо (**В** вступает в реакции электрофильного замещения). Вещество **В** является простым эфиром фенола, действительно, простые эфиры реагируют с HI . Возможный вариант структур веществ:



A



B



C