

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 7-8 класса

(группа № 2)

2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Общее условие:

Винни-Пух, наученный горьким опытом, решил отправить за мёдом на воздушном шарике Пятачка. Для обеспечения достаточной для подъёма своего худощавого товарища к улью с пчёлами подъёмной силы он решил накачать шарик газом легче воздуха (средняя молярная масса которого составляет 29 г/моль).



Условие:

Чем может быть заполнен воздушный шарик, который поднимет Пятачка?

Варианты ответов:

- ☐ NH_3
- ☐ He
- ☐ LiF
- ☐ O_2
- ☐ Ne
- ☐ B
- ☐ H_2O
- ☐ C_2H_2

Ответ:

- ☐ NH_3
- ☐ He
- ☐ Ne
- ☐ C_2H_2

Каждый правильный выбор — 0.75 балла, штраф за каждый неправильный ответ — 0.75 балла

Максимальный балл за задание — 3, не менее 0 баллов за задание

Решение.

Для возникновения подъёмной силы необходимо, чтобы плотность содержимого шарика была меньше плотности окружающего воздуха. Как известно, при одинаковых давлении и температуре в равных объёмах различных газов содержится одинаковое количество молекул, значит, плотность газа в шарике окажется меньше плотности окружающего воздуха в том случае, если молярная масса используемого газа меньше молярной массы воздуха. Выберем газы, имеющие $M < 29$ г/моль. Это **He** (4 г/моль), **Ne** (20 г/моль), **NH₃** (17 г/моль) и **C₂H₂** (26 г/моль). Вещества **B** (11 г/моль) и **LiF** (26 г/моль) твердые, а вода **H₂O** (18 г/моль) – жидкая, поэтому для наполнения шарика не годятся.

Условие:

Запишите формулу газа, который обеспечит максимальную подъёмную силу (не обязательно из приведенного выше списка).

Ответ: H₂

Точное совпадение ответа — 2 балла (1 балл за ответ H)

Решение.

Самый лёгкий газ, который использовали прежде для наполнения дирижаблей и метеорологических зондов – водород **H₂** (2 г/моль). Широкое распространение дирижабли имели в 30-е года прошлого века, но ряд трагедий, вызванных воспламенением водорода во время их полётов, а также стремительное развитие самолётостроения завершило эру исполинских летательных аппаратов.



Крушение дирижабля Гинденбург в 1937 году

Задание № 2

Условие:

Каждой фразе поставьте в соответствие формулу химического вещества, от названия которого образовано пропущенное слово.

Варианты для соотнесения:

Над городом повисли _____ тучи	Au
Дело накрылось _____ тазом	Fe
У него _____ нервы	SiO ₂
Куй _____ пока горячо	Cu
У снайпера глаз-_____	C
Слово — _____,	N ₂ (78%), O ₂ (21%), Ar (1%)
а молчание — _____	H ₂ O
Вилами по _____ писано	Ag
_____ поцелуй	Pb

Ответ:

Над городом повисли _____ тучи — Pb
Дело накрылось _____ тазом — Cu
У него _____ нервы — Fe
Куй _____ пока горячо — Fe
У снайпера глаз-_____ — C
Слово - _____, — Ag
а молчание - _____ — Au
Вилами по _____ писано — H₂O
_____ поцелуй — N₂ (78%), O₂ (21%), Ar (1%)

Каждое правильное соответствие — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 4.5

Решение.

Упомянутые в условии фразы должны быть закончены следующим образом:

Над городом повисли **свинцовые** тучи;

Дело накрылось **медным** тазом;

У него **железные** нервы;

Куй **железо** пока горячо;

У снайпера глаз-**алмаз**;

Слово – **серебро**,

а молчание – **золото**;

Вилами по **воде** писано;

Воздушный поцелуй.

Заменим вставленные слова на формулы соответствующих химических веществ:

свинцовые – Pb;

медным – Cu;

железные – Fe;

железо – Fe;

алмаз – C (алмаз – одна из аллотропных модификаций углерода);

серебро – Ag;

золото – Au;

воде – H₂O;

воздушный - N₂ (78%), O₂ (21%), Ar (1%).

Задание № 3

Общее условие:

Элемент хлор имеет ровно два стабильных изотопа: ^{35}Cl и ^{37}Cl .

Условие:

Сколько нейтронов содержит наиболее распространённый изотоп хлора? При ответе на вопрос используйте таблицу Менделеева.

Ответ: 18

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Определим из Таблицы Менделеева порядковый номер Cl: он равен $Z = 17$. Согласно современным представлениям о строении атома, порядковый номер элемента равен числу протонов в ядрах его изотопов. Относительная атомная масса хлора 35,453 заметно ближе по своей величине атомной массе изотопа ^{35}Cl , чем к атомной массе изотопа ^{37}Cl , отсюда следует вывод что ^{35}Cl более распространён в природе (по сравнению с ^{37}Cl), его массовое число $A = 35$. Вычислим число нейтронов в ядре ^{35}Cl по формуле $N = A - Z = 35 - 17 = 18$.

Условие:

Сколько различных значений может принимать масса молекулы хлора, состоящей из стабильных изотопов?

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Как известно, хлор образует двухатомные молекулы Cl_2 составим все возможные сочетания изотопов друг с другом: $^{35}\text{Cl}-^{35}\text{Cl}$ (70 г/моль), $^{37}\text{Cl}-^{37}\text{Cl}$ (74 г/моль) и неразличимые между собой $^{35}\text{Cl}-^{37}\text{Cl}$ и $^{37}\text{Cl}-^{35}\text{Cl}$ (72 г/моль). Всего получилось **3** сорта молекул с различными молярными массами.

Задание № 4

Общее условие:

Цельное жидкое молоко содержит 3,2 % белков, 3,25 % жиров и 5,2 % углеводов по массе, остальное — вода. При изготовлении сухого молока путем испарения удаляют большую часть воды до образования порошкообразного остатка.



Пейте, дети, молоко – будете здоровы!

Юрий Черных, 1973

Условие:

Определите содержание углеводов в сухом молоке (%), если содержание жира в нём составляет 25% по массе.

Ответ: принимается значение в интервале [39; 41]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

При изготовлении сухого молока из цельного происходит удаление воды, это значит, что углеводы и жиры, содержащиеся в молоке, полностью переходят в образующийся продукт. Отсюда можно сделать вывод, что отношение масс жиров и углеводов будет одинаково как в сырье, так и в конечном продукте:

$$m(\text{жир})/m(\text{угл.}) = m(\text{жир, цельное})/m(\text{угл., цельное}) = m(\text{жир, сухое})/m(\text{угл., сухое})$$

Отсюда:

$$\begin{aligned} w(\text{жир, цельное})/w(\text{угл., цельное}) &= w(\text{жир, сухое})/w(\text{угл., сухое}); \\ w(\text{угл., сухое}) &= w(\text{жир, сухое}) \cdot w(\text{угл., цельное}) / w(\text{жир, цельное}) = \\ &= 25\% \cdot 5,2\% / 3,25\% = \mathbf{40\%}. \end{aligned}$$

Условие:

Потребности человека в основных питательных веществах: белки 65 – 117 г/сутки, жиры 70 – 154 г/сутки, углеводы 257 – 586 г/сутки.

Найдите максимальную массу молока в кг с точностью до десятых, которую можно выпить без превышения рекомендуемой суточной нормы по любому из питательных веществ (белкам, жирам и углеводам)

Ответ: принимается значение в интервале [3,6;3,7]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Пусть m – допустимая масса выпитого молока (кг), тогда решение поставленной задачи удовлетворяет системе неравенств: $w(\text{белок}) \cdot m / 100\% \leq 0,117$ кг, $w(\text{жир}) \cdot m / 100\% \leq 0,154$ кг, $w(\text{угл.}) \cdot m / 100\% \leq 0,586$ кг. Перепишем в виде: $m \leq 3,66$ кг (по белку), $m \leq 4,74$ кг (по жиру), $m \leq 11,27$ кг (по углеводам). Все неравенства соблюдаются при $m \leq 3,66$ кг. Ответ: **3,66 кг**.

Задание № 5

Общее условие:

В пятиатомной молекуле газа **X** содержится 10 электронов.

Условие:

Сколько протонов содержится в одной молекуле этого газа?

Ответ: 10

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Молекула – электронейтральная частица, состоящая из протонов (заряд равен +1 единице элементарного заряда), нейтронов (заряд равен 0) и электронов (заряд равен –1 единице элементарного заряда). Суммарный заряд молекулы равен нулю и задаётся выражением:

$$N(\text{протонов}) \cdot (+1) + N(\text{электронов}) \cdot (-1) + N(\text{нейтронов}) \cdot 0 = 0$$

где $N(\text{протонов})$, $N(\text{электронов})$ и $N(\text{нейтронов})$ – количество протонов, электронов и нейтронов в молекуле соответственно.

Или

$$N(\text{протонов}) - N(\text{электронов}) + 0 = 0$$

$$N(\text{протонов}) = N(\text{электронов}) = 10$$

Условие:

Определите газ **X**. Укажите его молярную массу в г/моль, с точностью до целых.

Ответ: 16

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Будем распределять 10 электронов по 5 атомам. Нетрудно увидеть, что возможных вариантов не так много:

$$6 + 4 \cdot 1 = 10 - \text{CH}_4$$

$$5 + 2 + 3 \cdot 1 = 10 - \text{BHeH}_3 - \text{не существует}$$

$$4 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1 = 10 - \text{BeHe}_2\text{H}_2 - \text{не существует}$$

$$3 + 3 \cdot 2 + 1 = 10 - \text{LiHe}_3\text{H} - \text{не существует}$$

Таким образом, искомая молекула имеет формулу CH_4 .

Условие:

Напишите название газа X.

Ответ: метан

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Искомая молекула имеет формулу CH_4 . Такая молекула действительно существует, углерод в ней четырёхвалентен и связывается одинарными связями с каждым из атомов водорода. Вещество, образуемое этими молекулами, называется **метан**.

Задание № 6

Общее условие:

В ближайшие десятилетия в некоторых странах ожидается практически полный отказ от выбросов углекислого газа в атмосферу и переход к экологичным источникам энергии. Одним из таких источников может служить топливо, которое можно получить разложением обыкновенной воды под действием электрического тока.



Условие:

Что это за топливо?

Варианты ответов:

- ☐ Тяжелая вода
- ☐ Перекись водорода
- ☐ Водород
- ☐ Кислород
- ☐ Дейтерий
- ☐ Керосин
- ☐ Флогистон

Ответ: Водород

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Топливо – горючие вещества, выделяющие при сжигании большое количество теплоты, которая используется непосредственно в тепловых процессах либо преобразуется в другие виды энергии (БСЭ). Воду разлагают на кислород и водород: $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$.

Среди продуктов разложения топливом является **водород** (H_2), второй продукт разложения – кислород является окислителем, но не топливом, поскольку в привычном понимании сжечь кислород нельзя.

Условие:

Запишите формулу вещества, в которое это топливо превращается при использовании.

Ответ: H_2O

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Как нетрудно догадаться, продуктом сжигания водорода является вода **H_2O** , уравнение сгорания топлива в данном случае — это уравнение разложения воды, записанное «наоборот».

Существует гипотеза, согласно которой изменение климата обусловлено влиянием антропогенного фактора и наиболее существенный эффект производят выбросы CO и CO_2 , образующиеся в ходе технологических процессов и работы двигателей внутреннего сгорания. Вода как продукт сгорания сравнительно безвредна для климата, поскольку её избыток в атмосфере легко устраняется естественным путём при выпадении осадков. В подтверждение гипотезы приводят такой факт: в кембрийский период (540 млн лет назад) климат на земле был значительно теплее в том числе благодаря тому, что содержание CO_2 в атмосфере достигало 0,5%, против современных 0,02-0,04%.

Задание № 7

Условие:

Бинарное соединение образовано двумя галогенами (элементами главной подгруппы VII группы). Массовая доля более лёгкого из присутствующих в этом соединении элементов составляет 51.17%. Установите формулу этого соединения.

Ответ: IF₇ или F₇I

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Элементами главной подгруппы VII группы являются следующие элементы: F, Cl, Br, I, At. Какие-то два из этих элементов (обозначим их A и B) и образуют искомую молекулу, формулу которой мы запишем как A_mB_n.

Пусть A – более лёгкий элемент, тогда, исходя из условия, можно записать:

$$\omega(A) = m \cdot M(A) / (m \cdot M(A) + n \cdot M(B)) = 0,5117$$

Поделим числитель и знаменатель дроби на m, получим:

$$M(A) / (M(A) + (n/m) \cdot M(B)) = 0,5117$$

Выразим отсюда отношение индексов n/m:

$$n/m = (M(A) / 0,5117 - M(A)) / M(B) = 0,9543 \cdot M(A) / M(B)$$

Теперь будем перебирать всевозможные пары галогенов A и B при условии, что A легче B. Для каждой такой пары будем находить отношение n/m, исходя из уравнения выше. Так как n и m – целые числа, то это отношение должно быть рациональной дробью. Поэтому будем переводить десятичные дроби в рациональные дроби с как можно меньшим числителем и знаменателем, также будем указывать погрешность, с которой можно перевести десятичную дробь в указанную рациональную.

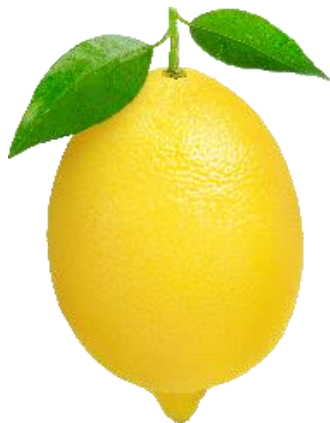
Пара A, B	n/m в виде десятичной дроби	n/m в виде рациональной дроби
F, Cl	0,5115	1/2 + 0,0115
F, Br	0,2269	2/9 + 0,0047
F, I	0,1429	1/7 - 0,0000
F, At	0,0861	1/12 + 0,0028
Cl, Br	0,4234	5/12 + 0,0067
Cl, I	0,2666	1/4 + 0,0166
Cl, At	0,1611	1/6 – 0,0056

Br, I	0,6009	$3/5 + 0,0009$
Br, At	0,3631	$1/3 + 0,0298$

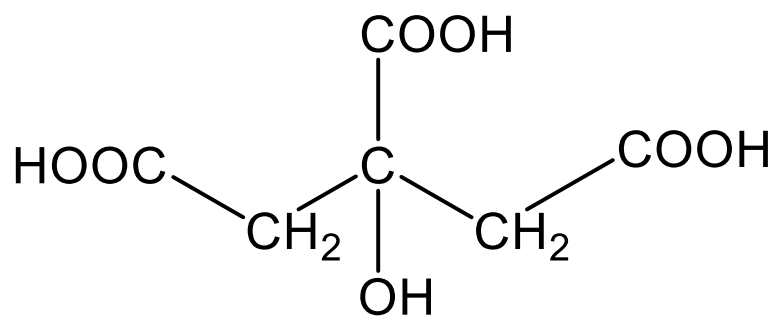
Десятичная дробь наиболее точно переводиться в рациональную в случае $A = F$, $B = I$, тогда $n = 1$, $m = 7$. Формула соединения **IF7**.

Задание № 8.1

Условие:



Массовая доля соединения, формула которого приведена ниже (черточки обозначают связи между атомами), в плодах лимона в среднем 5,6%. Определите с точностью до тысячных, сколько молей этого соединения содержится в 250 г лимона.



Ответ: принимается значение в интервале [0,072; 0,073]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Количество вещества (лимонной кислоты) в цитрусах $n = m(\text{лимонов}) \cdot \omega / M$,

где M – молярная масса вещества, ω – массовая доля вещества в лимонах.

Из представленной структурной формулы определим эмпирическую формулу вещества

$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, тогда молярная масса составляет $M = 12 \cdot 6 + 8 + 16 \cdot 7 = 192$ г/моль

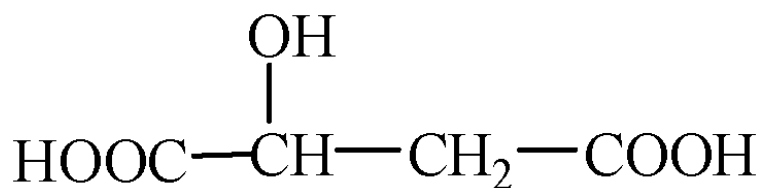
$n = 250 \cdot 0,056 / 192 = \mathbf{0,073}$ моль.

Задание № 8.1

Условие:



Массовая доля соединения, формула которого приведена ниже (черточки обозначают связи между атомами), в плодах винограда в среднем 2,4%. Определите с точностью до тысячных, сколько молей этого соединения содержится в 500 г винограда.



Ответ: принимается значение в интервале [0,089; 0,090]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Количество вещества (яблочной кислоты) в винограде $n = m(\text{винограда}) \cdot \omega / M$,

где M — молярная масса вещества, ω — массовая доля вещества в винограде.

Из представленной структурной формулы определим эмпирическую формулу вещества

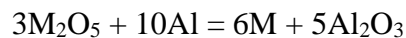
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$, тогда молярная масса составляет $M = 12 \cdot 4 + 6 + 16 \cdot 5 = 134$ г/моль

$n = 500 \cdot 0,024 / 134 = \mathbf{0,090}$ моль.

Задание № 9.1

Условие:

Некоторый металл может быть получен из оксида методом алюмотермии по реакции:



На получение 1,000 г металла необходимо потратить 0,484 г алюминия.

Установите неизвестный металл. В ответе запишите его порядковый номер.



Ответ: 41

Точное совпадение ответа — 5.5 баллов

Решение.

Количество вещества алюминия в описанном синтезе составляет:

$$n(\text{Al}) = 0,484 \text{ г} : 27 \text{ г/моль} = 0,018 \text{ моль}$$

Согласно уравнению реакции, на каждые 10 моль алюминия приходится 6 моль неизвестного металла, то есть $n(\text{M}) = n(\text{Al}) \cdot 6 : 10 = 0,0108 \text{ моль}$.

Молярная масса металла равна отношению массы к количеству вещества:

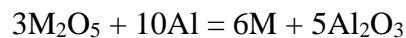
$1 : 0,0108 = 92,6 \text{ г/моль}$, что ближе всего к ниобию (Nb), и именно этот металл способен проявлять в соединениях степень окисления +5.

Порядковый номер ниобия – **41**.

Задание № 9.1

Условие:

Некоторый металл может быть получен из оксида методом алюмотермии по реакции:



На получение 1,000 г металла необходимо потратить 0,249 г алюминия.

Установите неизвестный металл. В ответе запишите его порядковый номер.



Ответ: 73

Точное совпадение ответа — 5.5 баллов

Решение.

Количество вещества алюминия в описанном синтезе составляет:

$$n(\text{Al}) = 0,249 \text{ г} : 27 \text{ г/моль} = 0,0092 \text{ моль}$$

Согласно уравнению реакции, на каждые 10 моль алюминия приходится 6 моль неизвестного металла, то есть $n(\text{M}) = n(\text{Al}) \cdot 6 : 10 = 0,00552 \text{ моль}$.

Молярная масса металла равна отношению массы к количеству вещества:

$1 : 0,00552 = 181,2 \text{ г/моль}$, что ближе всего к танталу (Ta), и именно этот металл способен проявлять в соединениях степень окисления +5.

Порядковый номер тантала – **73**.

Задание № 10

Условие:

На дне ручьев и рек нередко можно увидеть бурые отложения. Они появляются из-за деятельности бактерий, катализирующих реакцию окисления соединений элемента **X**, которые вымываются из минеральных пород. Элемент **X** входит в состав ферментов, катализирующих транскрипцию РНК, а также играет ключевую роль в транспорте кислорода в организме животных. Запишите название элемента **X** на русском языке.



Ответ: железо

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Как упоминание о том, что элемент **X** играет ключевую роль в транспорте кислорода в организме животных, так и характерная окраска воды позволяют сделать вывод о том, что элемент **X** – **железо**. Действительно, в состав гемоглобина входит ион Fe^{2+} , который и связывается с кислородом, в водной среде в присутствии растворенного кислорода железо переходит в ион Fe^{3+} , образуемые которым гидроксокомплексы имеют бурую окраску. Ну, а информация о том, что данный элемент входит в состав ферментов, катализирующих транскрипцию РНК, является своеобразным бонусом для любознательных.

Задание № 11

Условие:

Дано три элемента: X, Y и Z. При комнатной температуре соединение, образованное элементами X и Y – газообразное; соединение, образованное элементами Y и Z – твёрдое; соединение, образованное элементами X и Z – жидкое. Установите соответствие между буквой и элементом.

Варианты для соотнесения:

X	H
Y	Na
Z	F
	O
	P

Ответ:

X – H

Y – P

Z – O

Каждое правильное соответствие — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 4.5

Решение.

Очевидно, что из рассмотрения можно сразу исключить натрий, поскольку образуемые им соединения с неметаллами, как правило, ионные и тугоплавкие.

Среди соединений оставшихся элементов на ум сразу приходит вода (H_2O), жидкая при комнатной температуре. Значит, один из искомых элементов – водород, второй – кислород. Соединения водорода с большинством элементов газообразные, значит, водород – X, а кислород – Z. Оставшийся элемент образует твёрдое соединение с кислородом. Это фосфор, поскольку фториды кислорода – вещества газообразные. Соответствующие соединения фосфора – газообразный фосфин PH_3 и твёрдый оксид P_2O_5 (или P_2O_3).

Итак, **X – H, Y – P, Z – O.**

Задание № 12

Условие:

100 мл ацетона (плотность $0,78 \text{ г/см}^3$) смешали с 50 мл воды (плотность $1,00 \text{ г/см}^3$). Плотность полученной смеси $0,91 \text{ г/см}^3$. Укажите объём полученной смеси в мл.

Ответ: принимается значение в интервале [140;141]

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Решение.

При решении данной задачи необходимо помнить о том, что объём смеси двух жидкостей, как правило, не равен сумме объёмов жидких компонентов по отдельности, но закон сохранения массы всегда выполняется.

Вычислим массы ацетона и воды: $m(\text{ацетона}) = V \cdot \rho = 100 \text{ мл} \cdot 0,78 \text{ г/мл} = 78 \text{ г}$,

$m(\text{воды}) = V \cdot \rho = 50 \text{ мл} \cdot 1,00 \text{ г/мл} = 50 \text{ г}$.

Масса смеси равна: $m(\text{смеси}) = m(\text{ацетона}) + m(\text{воды}) = 78 + 50 = 128 \text{ г}$.

Объём смеси может быть найден из массы и плотности смеси:

$V = m/\rho = 128/0,91 = \mathbf{140,7 \text{ мл}}$, что меньше 150 мл, которые можно получить при сложении объёмов.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 9 класса

(группа № 2)

2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

Из приведённого ниже списка выберите все вещества, в состав которых входит химический элемент водород.

Варианты ответов:

- ☐ D_2O
- ☐ Ho
- ☐ NT_3
- ☐ $CHCl_3$
- ☐ HgS
- ☐ $CaCO_3$

Ответ:

- ☐ D_2O
- ☐ NT_3
- ☐ $CHCl_3$

Каждый правильный выбор — 1 балл, штраф за неправильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Каждый из трёх изотопов водорода обозначается по-своему ($^1H - H$, $^2H - D$, $^3H - T$). Формулы, в которых встречаются какие-либо из этих трёх обозначений, и будут правильным ответом к задаче:

D_2O

NT_3

$CHCl_3$

Задание № 2

Условие:

Высокотоксичное газообразное вещество **С** было впервые получено при реакции двух других токсичных газообразных веществ – простого вещества **А** и бинарного соединения **В**, протекающей по схеме $A + B = C$. В годы Первой мировой войны как **А**, так и **С** активно производились на фабриках Германии для применения в военных целях. Известно, что при полном поглощении 2,24 л (н.у.) газа **С** избытком известковой воды выпадает 10,0 г белого осадка. Определите вещество **С**, в ответе приведите его молярную массу в г/моль с точностью до целых.

Ответ: 99

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Простых газообразных веществ не очень много. Без учёта благородных газов, а также кислорода, водорода и азота, очевидно, не токсичных, на роль газа **А** могут подойти только фтор и хлор, однако фтор производить крайне сложно, а использовать как оружие фактически невозможно, поэтому газом **А** может быть только хлор. Он реагирует с бинарным газом, образуя, очевидно, соединение, содержащее 3 элемента, из которых два атома хлора. Далее можно использовать количественные данные. Молярный объём при н.у. составляет 22,4 л/моль, следовательно, газа **С** было пропущено 0,1 моль. Логично предположить, что выпадающий при поглощении газа осадок является карбонатом кальция, чтобы проверить это предположение, проведём расчёт:

$$n_{CaCO_3} = \frac{m_{CaCO_3}}{M_{CaCO_3}} = \frac{10}{100} \text{ моль} = 0,1 \text{ моль}$$

С является производным углерода (IV), содержащим 2 атома хлора и ещё один элемент – очевидно, кислород, тогда **В** – угарный газ. Речь идёт о фосгене $COCl_2$, его молярная масса **99** г/моль.

Задание № 3.1

Общее условие:

Смесь двух газов, содержащая только атомы кислорода, имеет плотность по водороду 18.

Условие:

Запишите формулу более тяжёлого из этих газов. Используйте прописные латинские буквы.

Ответ: O3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Если газов в смеси два, но они состоят только из атомов кислорода, то смесь содержит кислород (O_2 , $M_1 = 32$ г/моль) и озон (O_3 , $M_2 = 48$ г/моль). Более тяжелый газ **O₃**.

Условие:

Определите массовую долю этого газа в смеси в процентах с точностью до целых.

Ответ: 33

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Пусть ϕ – объёмная (мольная) доля O_2 в смеси, тогда молярная масса смеси $M = M_1 \cdot \phi + M_2 \cdot (1 - \phi)$, где $0 < \phi < 1$. С другой стороны, молярную массу смеси определим из относительной плотности: $M = 18 \cdot 2$ (г/моль) = 36 г/моль. Подставим значение M в уравнение и найдем ϕ :

$36 = 32 \cdot \phi + 48 \cdot (1 - \phi)$, $36 = -16 \cdot \phi + 48$, $\phi = 0.75$, значит на каждый 1 моль смеси приходится 0.75 моль O_2 и $(1 - 0.75) = 0.25$ моль O_3 . Масса озона в 1 моль смеси $m = 48 \cdot 0.25 = 12$ г, масса 1 моль смеси равна 36 г, откуда массовая доля озона $w = 12/36 \cdot 100\% = \mathbf{33\%}$.

Задание № 3.2

Общее условие:

Смесь двух газов, содержащая только атомы кислорода, имеет плотность по водороду 20.

Условие:

Запишите формулу более тяжелого из этих газов. Используйте прописные латинские буквы.

Ответ: O3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Если газов в смеси два, но они состоят только из атомов кислорода, то смесь содержит кислород (O_2 , $M_1 = 32 \text{ г/моль}$) и озон (O_3 , $M_2 = 48 \text{ г/моль}$). Более тяжелый газ **O₃**.

Условие:

Определите массовую долю этого газа в смеси в процентах с точностью до целых.

Ответ: 60

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Пусть ϕ – объёмная (молярная) доля O_2 в смеси, тогда молярная масса смеси $M = M_1 \cdot \phi + M_2 \cdot (1 - \phi)$, где $0 < \phi < 1$. С другой стороны, молярную массу смеси определим из относительной плотности: $M = 20 \cdot 2 (\text{г/моль}) = 40 \text{ г/моль}$. Подставим значение M в уравнение и найдем ϕ :

$40 = 32 \cdot \phi + 48 \cdot (1 - \phi)$, $40 = -16 \cdot \phi + 48$, $\phi = 0.5$, значит на каждый 1 моль смеси приходится по 0.5 моль O_2 и O_3 . Масса озона в 1 моль смеси $m = 48 \cdot 0.5 = 24 \text{ г}$, масса 1 моль смеси равна 40 г, откуда массовая доля озона $w = 24/40 \cdot 100\% = \mathbf{60\%}$.

Задание № 4

Общее условие:

На 30.0 г яичной скорлупы действовали 100 мл столового уксуса. Какой максимальный объем газа (при н.у. в литрах с точностью до десятых) мог при этом выделиться? Испарением уксуса и воды пренебречь.

Столовый уксус – 9%-ный водный раствор одноосновной уксусной кислоты, имеющей формулу CH_3COOH ; плотность столового уксуса составляет 1,01 г/мл.

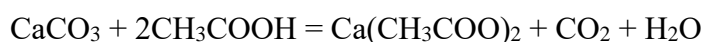


Ответ: принимается значение в интервале [1,6;1,8]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Как известно, яичная скорлупа состоит главным образом из карбоната кальция. При действии на нее уксусной кислоты могут протекать следующие реакции:



Максимально возможный объем газа получится, если протекает только первая реакция.

Количества вещества реагентов, вступивших в реакцию, составляют:

$$n(\text{CaCO}_3) = 30/100 = 0,3 \text{ моль (на самом деле чуть меньше с учетом примесей)}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 100 \cdot 1,01 \cdot 0,09/60 = 0,15 \text{ моль}$$

В недостатке взята уксусная кислота, расчет ведем по ней.

Нетрудно увидеть, что количество вещества углекислого газа в 2 раза меньше, чем количество вещества уксусной кислоты, то есть, оно составляет 0,075 моль.

Объем углекислого газа при н.у. составит $V = 0,075 \cdot 22,4 = 1,68 \text{ л}$ (объем воды при этом пренебрежимо мал по сравнению с объемом углекислого газа)

Условие:

Выделившийся газ перекачали в предварительно вакуумированный сосуд объемом 5 л. Какую долю (в процентах) от объема сосуда займет газ?

Ответ: 100

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Как известно, любой газ занимает весь предоставленный объем. Следовательно, он займет **100%** от объема сосуда.

Задание № 5

Общее условие:

Винни-Пух, наученный горьким опытом, решил отправить за мёдом на воздушном шарике Пятачка. Для обеспечения достаточной для подъёма своего худощавого товарища к улью с пчёлами подъёмной силы он решил накачать шарик газом легче воздуха.



Условие:

Чем может быть заполнен воздушный шарик, который поднимет Пятачка?

Варианты ответов:

- ☐ Аммиак
- ☐ Гелий
- ☐ Кислород
- ☐ Веселящий газ
- ☐ Аргон
- ☐ Фтор
- ☐ Вода
- ☐ Углекислый газ
- ☐ Ацетилен

Ответ:

- ☐ Аммиак
- ☐ Гелий
- ☐ Ацетилен

Каждый правильный выбор — 0.75 балла, штраф за неправильный ответ — 0.75 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Для возникновения подъёмной силы необходимо, чтобы плотность содержимого шарика была меньше плотности окружающего воздуха. Как известно, при одинаковых давлении и температуре в равных объёмах различных газов содержится одинаковое количество молекул, значит, плотность газа в шарике окажется меньше плотности окружающего воздуха в том случае, если молярная масса используемого газа меньше молярной массы воздуха. Выберем газы, имеющие $M < 29$ г/моль. Это **гелий** (4 г/моль), **аммиак** (17 г/моль) и **ацетилен** (26 г/моль). Вода (18 г/моль) жидкая в условиях полёта, поэтому для наполнения шарика не годится.

Условие:

Запишите формулу газа, который обеспечит максимальную подъёмную силу (не обязательно из приведенного выше списка).

Ответ: H₂

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Самый лёгкий газ, который использовали прежде для наполнения дирижаблей и метеорологических зондов – водород **H₂** (2 г/моль). Широкое распространение дирижабли имели в 30-е года прошлого века, но ряд трагедий, вызванных воспламенением водорода во время их полётов, а также стремительное развитие самолётостроения завершило эру исполинских летательных аппаратов.



Крушение дирижабля Гинденбург в 1937 году

Задание № 6

Условие:

Вещество **X** – соль, не содержащая кристаллизационной воды, используется как пищевая добавка (наверняка есть у вас на кухне) и окрашивает пламя горелки в желтый цвет. При прокаливании при 200°C оно разлагается, теряя при этом 36,9% своей массы и превращаясь в вещество **Y**, которое тоже используется как пищевая добавка. Растворы **X** и **Y** в воде обладают щелочной реакцией. В ответе укажите молярную массу **X** в г/моль с точностью до целых.

Ответ: 84

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Окрашивание пламени в желтый цвет указывает на присутствие в соли ионов натрия. Термическая неустойчивость данной соли (при том, что она является безводной), применение ее в качестве пищевой добавки позволяют прийти к заключению, что искомая соль – гидрокарбонат натрия. Подтвердим это расчетом:



Пусть проводится реакция с 2 моль гидрокарбоната, тогда масса исходной навески

$m_{\text{нав.}} = 2 \cdot M(\text{NaHCO}_3) = 2 \cdot 84 = 168$ г, масса газовой смеси $m_{\text{газ}} = 1 \cdot M(\text{CO}_2) + 1 \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 62$ г.

Тогда потеря массы составляет: $62/168=0,369$, что соответствует условию задачи. В результате реакции получается карбонат натрия, раствор которого из-за гидролиза дает щелочную среду.

Задание № 7

Общее условие:

Соединения металлов с водородом (гидриды) под действием воды образуют бесцветный горючий газ и гидроксид металла.

Условие:

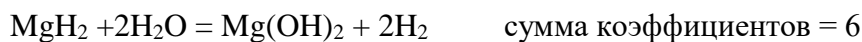
Составьте уравнения реакций гидридов натрия, магния и алюминия с водой (всего 3 уравнения). Запишите минимальную из сумм коэффициентов в составленных вами уравнениях.

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Бесцветный горючий газ, образующийся в реакции воды с гидридами – водород, продукт соединения H^{-1} гидрида и H^{+} воды. Составим уравнения реакций гидридов металлов с водой:



Условие:

Одинаковые массы гидридов натрия, магния и алюминия прореагировали с избытком воды. Запишите формулу гидрида, при реакции которого выделился наибольший объём водорода. Для записи используйте латинские буквы.

Ответ: AlH_3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Согласно приведённым уравнениям из 1 моль NaN образуется 1 моль водорода, из 1 моль MgH_2 – 2 моль, а из AlH_3 – 3 моль. Оценим какая масса каждого из гидридов приходится на 1 моль H_2 :

$$M(\text{NaN})/1 = 24 \text{ г}, M(\text{MgH}_2)/2 = 13 \text{ г}, M(\text{AlH}_3)/3 = 10 \text{ г}.$$

Следовательно при одинаковой массе взятого для реакции с водой вещества, из гидрида алюминия образуется наибольшее количество H_2 , а значит и наибольший его объём.

Задание № 8

Общее условие:

Один и тот же объём аммиака может количественно прореагировать либо с 6 л кислорода без катализатора (*реакция 1*), либо с 10 л кислорода в присутствии платинового катализатора (*реакция 2*). (Объемы измерены при одинаковых температуре и давлении)

Составьте уравнения этих реакций, расставьте в них (наименьшие возможные целочисленные) коэффициенты.

Условие:

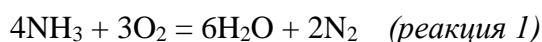
Укажите меньший из коэффициентов для продуктов реакции 1.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Без катализатора протекает окисление аммиака до воды и молекулярного азота:



2 (минимальный коэффициент при азоте)

Условие:

Укажите больший из коэффициентов для исходных веществ в реакции 2.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

В присутствии катализатора, коэффициент при кислороде будет равен $3 \cdot 10\text{л}/6\text{л} = 5$ в расчёте на тот же коэффициент при аммиаке. «Лишние» атомы кислорода, очевидно, израсходуются на образование оксида азота (II), поскольку на каждый атом азота «избыточных» атомов кислорода будет $(5-3) \cdot 2/4 =$ по 1 шт. Эта реакция – первая стадия производства азотной кислоты: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}$ (*реакция 2*).

5 (максимальный коэффициент при кислороде)

Условие:

Какой объём аммиака вступает в вышеописанные реакции?

Ответ: принимается значение в интервале [7,9; 8,1]

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Объёмы газов пропорциональны коэффициентам уравнений:

$$V(\text{NH}_3)/4 = V(\text{O}_2)/3$$

$$V(\text{NH}_3) = 4 \cdot V(\text{O}_2)/3 = 4 \cdot 6 \text{ л}/3 = 8 \text{ л.}$$

Аналогичный расчёт для реакции 2: $V(\text{NH}_3) = 4 \cdot V(\text{O}_2)/5 = 4 \cdot 10 \text{ л}/5 = \mathbf{8 \text{ л.}}$

Задание № 9

Условие:

Установите соответствие между ионом металла, находящимся в растворе, и признаками реакции, протекающей при постепенном добавлении при комнатной температуре в раствор соли металла раствора гидроксида натрия.

Варианты для соотнесения:

Zn^{2+}	Выпадение окрашенного осадка с последующим растворением
Cr^{3+}	Выпадение белого осадка с последующим растворением
Fe^{3+}	Выпадение окрашенного осадка, не растворяющегося в избытке щёлочи
Al^{3+}	Выпадение белого осадка, не растворяющегося в избытке щёлочи
Cs^{+}	Видимые признаки реакции отсутствуют
Ni^{2+}	

Ответ:

Zn^{2+} , Al^{3+} — Выпадение белого осадка с последующим растворением

Fe^{3+} , Ni^{2+} — Выпадение окрашенного осадка, не растворяющегося в избытке щёлочи

Cr^{3+} — Выпадение окрашенного осадка с последующим растворением

Cs^{+} — Видимые признаки реакции отсутствуют

Каждое правильное соответствие — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Среди перечисленных металлов, согласно таблице растворимости, только цезий образует растворимый гидроксид, поэтому в его случае видимых признаков реакции наблюдаться не будет.

Цинк и алюминий — s- и p-элементы, редко образующие окрашенные соединения. Их гидроксиды белого цвета. Кроме того, оба металла проявляют амфотерные свойства. Будет наблюдаться выпадение белого осадка с последующим растворением.

Гидроксиды оставшихся металлов окрашены. Выраженные амфотерные свойства проявляет только гидроксид хрома (III), который растворится в избытке щёлочи. Железо и никель, таким образом, дадут нерастворимые окрашенные осадки.

Задание № 10.1

Условие:

Бинарное соединение **X** массой 1,75 г поместили в 100 мл воды, при этом образовался прозрачный раствор, окрашивающий раствор фенолфталеина в малиновый цвет, и выделился газ. Этот газ смешали с 1,73 л водорода (н.у.) и закачали в сосуд с кислородом. Содержимое сосуда подожгли, по окончании реакции горения обнаружили, что в сосуде остались только кислород и вода, масса последней составила 2,70 г.

Напишите формулу вещества **X**.

Ответ: NaH или HNa

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Так как после реакции в сосуде были только кислород и водород, то и газ, который выделялся из раствора и затем закачивался в сосуд, мог состоять лишь из кислорода и/или водорода. Вода в данном случае явно не подходит (осталась в растворе), перекись водорода также осталась бы в растворе, а не переходила в газовую фазу. Значит, газ – либо водород, либо кислород.

Найдём количество воды после реакции в сосуде:

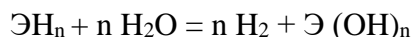
$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2,7/18 = 0,15 \text{ моль}$$

В то же время закачивали в сосуд 1,73 л водорода, то есть

$$n(\text{H}_2) = 1,73/22,4 = 0,077 \text{ моль}$$

Сопоставляя эти данные с уравнением горения водорода $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$, видим, что 0,077 моль водорода, закаченных в сосуд, недостаточно для того, чтобы образовалось 0,15 моль воды, а это значит, что газ, который смешали с водородом – водород, и его количество равно $n(\text{H}_{2\text{выд.}}) = 0,15 - 0,077 = 0,073 \text{ моль}$.

Бинарным соединением, взаимодействующим с водой, с выделением водорода может быть гидрид металла, обозначим его (ЭH_n), уравнение его реакции с водой:



Откуда получаем, что количество гидрида равно:

$$n(\text{ЭH}_n) = n(\text{H}_{2\text{выд.}})/n = 0,073/n \text{ моль}$$

Тогда:

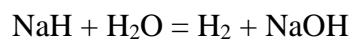
$$M(\text{ЭH}_n) = m(\text{ЭH}_n)/n(\text{ЭH}_n) = 24*n \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Э}) = M(\text{ЭH}_n) - n*M(\text{H}) = 24*n - n = 23*n \text{ г/моль}$$

N	1	2	3	4
M(Э)	23 (Na)	46	69	92

Элемент Э – Na, а X – **NaH**

NaH реагирует с водой следующим образом:



Из-за образования щёлочи в растворе возникает щелочная среда, что может быть подтверждено малиновой окраской фенолфталеина.

Задание № 10.2

Условие:

Бинарное соединение **X** массой 0,58 г поместили в 100 мл воды, при этом образовался прозрачный раствор, окрашивающий раствор фенолфталеина в малиновый цвет, и выделился газ. Этот газ смешали с 1,73 л водорода (н.у.) и закачали в сосуд с кислородом. Содержимое сосуда подожгли, по окончании реакции горения обнаружили, что в сосуде остались только кислород и вода, масса последней составила 2,70 г.

Напишите формулу вещества **X**.

Ответ: LiH или HLi

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Так как после реакции в сосуде были только кислород и водород, то и газ, который выделялся из раствора и затем закачивался в сосуд, мог состоять лишь из кислорода и/или водорода. Вода в данном случае явно не подходит (осталась в растворе), перекись водорода также осталась бы в растворе, а не переходила в газовую фазу. Значит, газ – либо водород, либо кислород.

Найдём количество воды после реакции в сосуде:

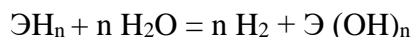
$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2,7/18 = 0,15 \text{ моль}$$

В то же время закачивали в сосуд 1,73 л водорода, то есть

$$n(\text{H}_2) = 1,73/22,4 = 0,077 \text{ моль}$$

Сопоставляя эти данные с уравнением горения водорода $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$, видим, что 0,077 моль водорода, закаченных в сосуд, недостаточно для того, чтобы образовалось 0,15 моль воды, а это значит, что газ, который смешали с водородом – водород, и его количество равно $n(\text{H}_{2\text{выд.}}) = 0,15 - 0,077 = 0,073 \text{ моль}$.

Бинарным соединением, взаимодействующим с водой, с выделением водорода может быть гидрид металла, обозначим его (ЭH_n), уравнение его реакции с водой:



Откуда получаем, что количество гидрида равно:

$$n(\text{ЭH}_n) = n(\text{H}_{2\text{выд.}})/n = 0,073/n \text{ моль}$$

Тогда:

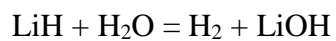
$$M(\text{ЭH}_n) = m(\text{ЭH}_n)/n(\text{ЭH}_n) = 8 \cdot n \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Э}) = M(\text{ЭH}_n) - n \cdot M(\text{H}) = 8 \cdot n - n = 7 \cdot n \text{ г/моль}$$

n	1	2	3	4
M(Э)	7 (Li)	14	21	28

Элемент Э – Li, а X – **LiH**

LiH реагирует с водой следующим образом:



Из-за образования щёлочи в растворе возникает щелочная среда, что может быть подтверждено малиновой окраской фенолфталеина.

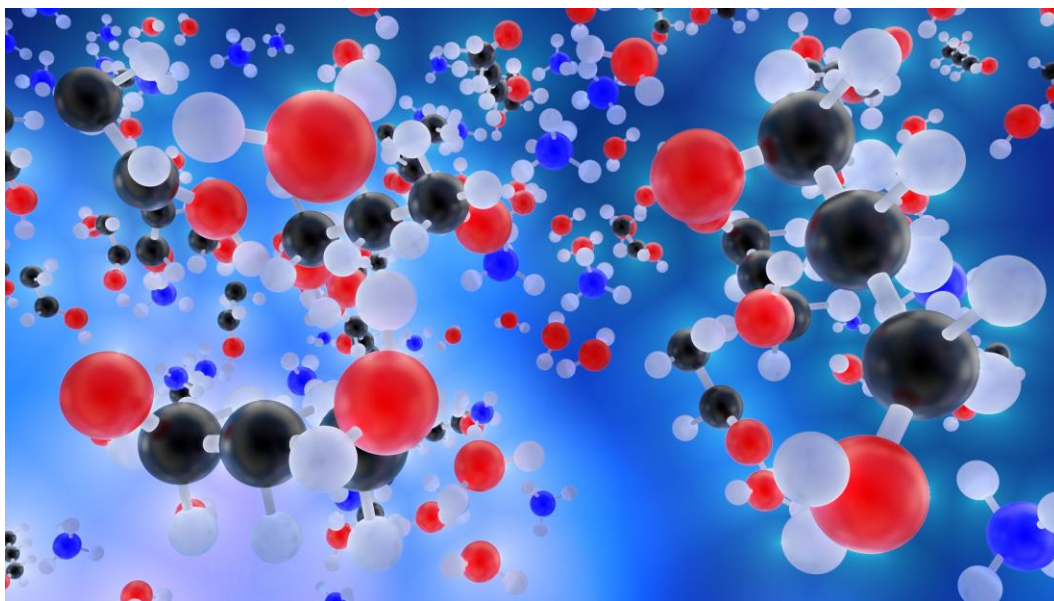
Задание № 11

Общее условие:

Неорганическая соль X при нагревании до 350 °С разложилась с образованием смеси трех веществ, являющихся наиболее распространенными компонентами земной атмосферы.

Запишите формулы продуктов разложения в порядке убывания их содержания в атмосфере.

Используйте прописные латинские буквы.



Условие:

Запишите формулу самого распространенного компонента.

Ответ: N₂

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите формулу второго по распространенности компонента.

Ответ: O₂

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите формулу третьего по распространенности компонента.

Ответ: H₂O

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Как известно, основными компонентами воздуха являются N_2 (78%) и O_2 (21%), присутствуют также заметные количества CO_2 , аргона и паров воды. В условии сказано, что разложившееся вещество – соль, а судя по тому, что в её составе нет металлов, это соль аммония (NH_4^+), содержащая атомы водорода. Водород среди распространённых компонентов атмосферы содержится только в составе воды, следовательно, третий компонент H_2O .

Ответ 1: **N_2**

Ответ 2: **O_2**

Ответ 3: **H_2O**

Условие:

Запишите формулу соли **X**.

Ответ: NH_4NO_3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Судя по тому, что других продуктов разложения нет, анион этой соли либо нитрат, либо нитрит. Разложение нитрита протекает без выделения кислорода: $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Разложение нитрата, как известно, сопровождается образованием веселящего газа N_2O , однако при быстром или сильном нагревании последний необратимо разлагается с образованием простых веществ. Таким образом, исходная соль – нитрат аммония:



Задание № 12

Условие:

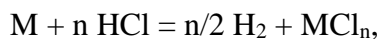
Простое вещество **X** долгое время стоило дороже золота. При растворении 1 г **X** в избытке соляной кислоты выделяется 1,24 л (н.у.) газа. Установите **X**. В ответе укажите его порядковый номер в таблице Менделеева.

Ответ: 13

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Водород из соляной кислоты выделяют некоторые металлы. Запишем реакцию в общем виде:



где n – валентность металла в хлориде.

$$n(\text{H}_2) = 1,24/22,4 = 0,0554 \text{ моль}$$

$$n(\text{M}) = (2/n) \cdot n(\text{H}_2) = 0,111/n \text{ моль}$$

$$M(\text{M}) = m(\text{M})/n(\text{M}) = 9,03n \text{ г/моль}$$

n	1	2	3	4
$M(\text{M})$	9 (Be)	18	27 (Al)	36

По молярным массам подходят бериллий и алюминий, но бериллий подходит только в том случае, если бы он проявлял валентность 1, в то время как в своих соединениях этот элемент двухвалентен. Алюминий подходит, если его валентность равна трем, что соответствует действительности. Его порядковый номер **13**.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 10 класса

(группа № 2)

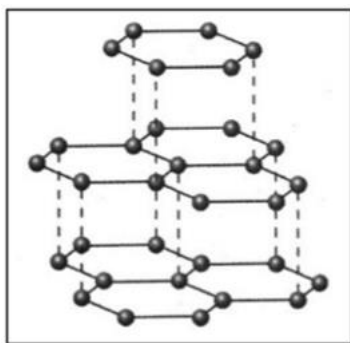
2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

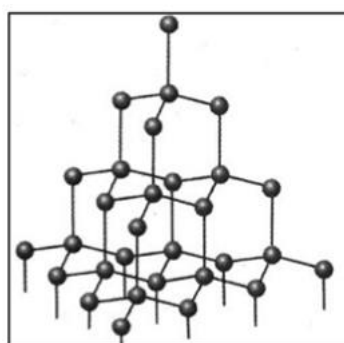
Задание № 1

Условие:

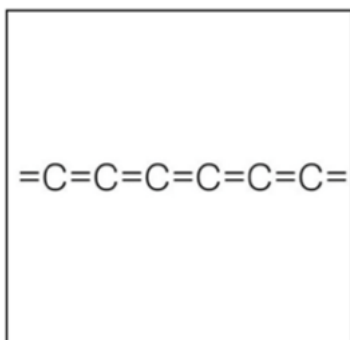
Сопоставьте аллотропные модификации углерода и тип гибридизации атомных орбиталей углерода в них.



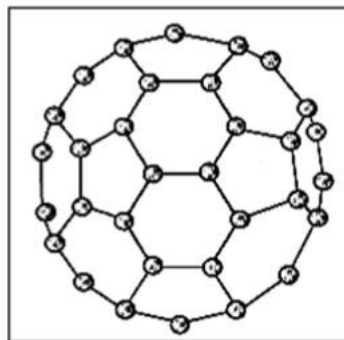
Графит



Алмаз



β-карбин



Фуллерен

Варианты для соотнесения:

sp

sp^2

s^2p

sp^3

sp^3d

sp^4

sp^3d^2

Графит

Алмаз

β-карбин

Фуллерен

Ответ:

Графит – sp^2

Алмаз – sp^3

Карбин (кумуляированный углерод) – sp

Фуллерен - sp^2

Каждое правильное соответствие — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Как известно, в представленных соединениях гибридизованные орбитали образуют между атомами углерода σ -связи, а негибридизованные p -орбитали — π -связи. Рассмотрим представленные соединения:

Графит – образует 3 σ -связи - sp^2 -гибридизация

Алмаз - образует 4 σ -связи – sp^3 -гибридизация

β -карбин – образует 2 σ -связи - sp -гибридизация

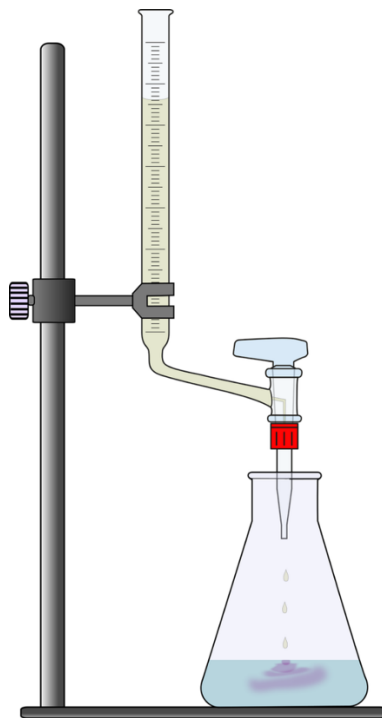
фуллерен – образует 3 σ -связи - sp^2 -гибридизация

Следует заметить, что s^2p - и sp^4 -гибридизации быть не может.

Задание № 2.1

Условие:

Для нейтрализации раствора, содержащего 0,320 г двухосновной кислоты, потребовалось 15,6 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия. Установите с точностью до целых молярную массу кислоты в г/моль, если известно, что образовалась двузамещенная соль.

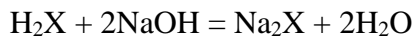


Ответ: 82

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Запишем уравнение реакции в общем виде:



где X – кислотный остаток.

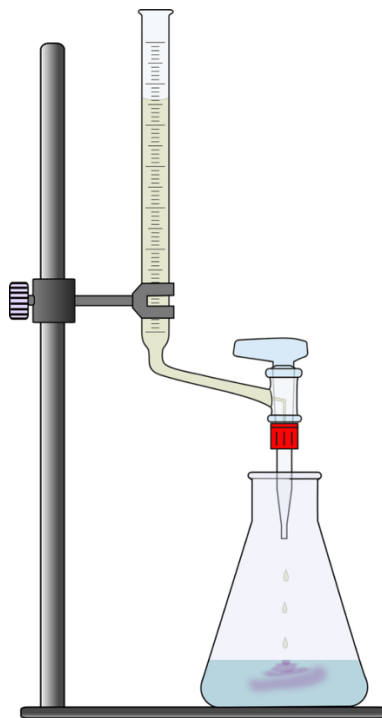
Количество вещества щёлочи составит: $n(\text{NaOH}) = 15.6 \cdot 0.5 / 1000 = 0.0078$ моль.

Согласно уравнению реакции, количество вещества кислоты в 2 раза меньше, то есть 0.0039 моль. Тогда молярная масса кислоты будет равна $0.320 \text{ г} / 0.0039 \text{ моль} = \mathbf{82 \text{ г/моль}}$.

Задание № 2.2

Условие:

Для нейтрализации раствора, содержащего 0,450 г двухосновной кислоты, потребовалось 20,0 мл 0,5 М раствора гидроксида натрия. Установите с точностью до целых молярную массу кислоты в г/моль, если известно, что образовалась двузамещенная соль.

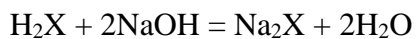


Ответ: 90

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Запишем уравнение реакции в общем виде:



где X – кислотный остаток.

Количество вещества щёлочи составит: $n(\text{NaOH}) = 20,0 \cdot 0,5 / 1000 = 0,01$ моль.

Согласно уравнению реакции, количество вещества кислоты в 2 раза меньше, то есть 0,005 моль. Тогда молярная масса кислоты будет равна $0,450 \text{ г} / 0,005 \text{ моль} = \mathbf{90 \text{ г/моль}}$.

Задание № 3

Общее условие:

Для определения массовых долей элементов в органических веществах эти вещества сжигают в избытке кислорода, а затем анализируют состав полученной смеси газов. Раньше для анализа часто использовались колонки с поглотителями, через которые последовательно пропускали смесь образовавшихся газов.

Условие:

При сжигании органического вещества образовалась смесь H_2O , CO_2 и N_2 . Укажите последовательность колонок с поглотителями, через которые эта смесь должна быть пропущена, чтобы по значениям изменений массы колонок можно было определить брутто-формулу сожженного вещества.

Склянка 1 – твердый КОН, склянка 2 – раскаленные магниевые стружки, склянка 3 – P_2O_5 .

Ответ запишите без пробелов, например, 123.

Ответ: 312

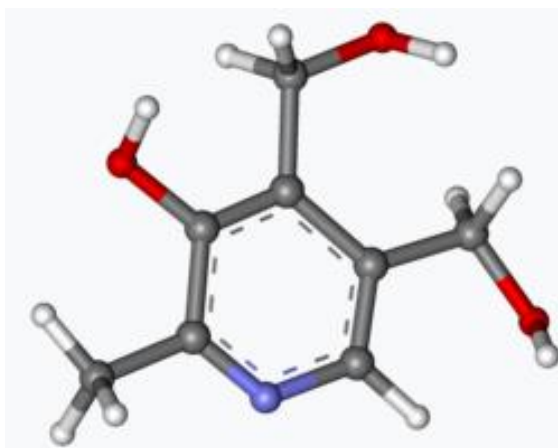
Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

При расположении поглотителей важно, чтобы в каждом из них полностью поглощался только один из продуктов сгорания исследуемого вещества, в противном случае изменение массы одного из поглотителей будет связано с массой двух или более продуктов сжигания. В данном случае КОН способен поглощать как воду, так и CO_2 , а Mg реагировать при нагревании не только с азотом, но и с CO_2 и водой. Поэтому первым поглотителем необходимо разместить P_2O_5 , извлекающий из смеси пары воды, затем КОН, не реагирующий с азотом, но извлекающий из оставшейся смеси CO_2 и последним разместить металлический магний, реакции которого с азотом ничто теперь не мешает.

Условие:

Составьте уравнение реакции сгорания (с наименьшими возможными целочисленными коэффициентами) в избытке кислорода соединения, структурная формула которого изображена на рисунке (в состав соединения входят атомы С, Н, N, О, каждому элементу соответствует определенный цвет). В ответе укажите коэффициент при кислороде в этом уравнении.



Ответ: 37

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Выведем формулу вещества по структурной модели: $\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}_3$. Составим уравнение его сжигания: $4\text{C}_8\text{H}_{11}\text{NO}_3 + 37\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 32\text{CO}_2 + 22\text{H}_2\text{O}$

Задание № 4

Условие:

На картинке представлена окраска некоторого индикатора в водном растворе некоторой соли (индикатор приобрел малиновый цвет). Укажите, какие пары индикатор – соль приведут к возникновению такой окраски.



Варианты для соотнесения:

Лакмус

Метилоранж (метиловый оранжевый)

Фенолфталеин

Хлорид натрия

Карбонат калия

Сульфит натрия

Нитрат алюминия

Хлорид галлия

Ортофосфат натрия

Хлорид аммония

Сульфид цезия

Ответ:

Фенолфталеин — Карбонат калия

Фенолфталеин — Сульфит натрия

Фенолфталеин — Ортофосфат натрия

Фенолфталеин — Сульфид цезия

Каждое правильное соответствие — 0.5 балла, штраф за неверное соответствие — 0.5 балла

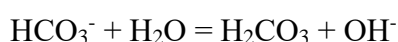
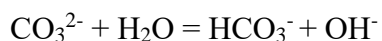
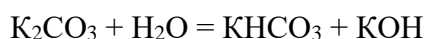
Максимальный балл за задание — 2

Решение.

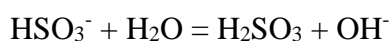
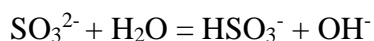
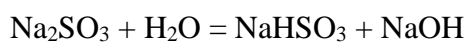
Среди перечисленных индикаторов малиновую окраску принимает только **фенолфталеин** в щелочной среде. Рассмотрим, растворы каких из перечисленных солей имеют щелочную реакцию среды.

1) Хлорид натрия – образован сильным основанием и сильной кислотой. Среда нейтральная

2) Карбонат калия – образован сильным основанием и слабой кислотой. Гидролизруется по аниону, среда щелочная:



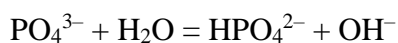
3) Сульфит натрия – образован сильным основанием и слабой кислотой. Гидролизруется по аниону, среда щелочная:



4) Нитрат алюминия – образован слабым основанием и сильной кислотой. Гидролизруется по катиону, среда кислая.

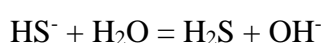
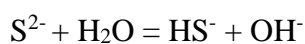
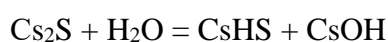
5) Хлорид галлия – образован хлороводородом (сильная кислота) и гидроксидом галлия. Галлий не является ни щелочным, ни щелочноземельным металлом, расположен в одной группе с алюминием, следовательно, образуемый им гидроксид сильным основанием не является. Хлорид галлия гидролизруется по катиону, среда кислая.

6) Ортофосфат натрия – образован сильным основанием (гидроксидом натрия). Фосфорная кислота – слабая кислота, ее формула не относится ни к одному из трех типов сильных кислородсодержащих кислот (HNO_3 , HNO_4 , H_2XO_4). Следовательно, соль гидролизруется по аниону, среда щелочная.



7) Хлорид аммония – образован сильной кислотой и слабым основанием. Гидролизруется по катиону, среда кислая.

8) Сульфид цезия. Сероводородная кислота – слабая. Цезий – щелочной металл, следовательно, образуемый им гидроксид является сильным основанием. Гидролиз протекает по аниону, среда щелочная.



Задание № 5.1

Условие:

Кремний способен образовывать с водородом соединения, структурно подобные алканам. В некотором таком соединении массовая доля водорода равна 8.2%. Установите формулу этого соединения. В ответ запишите число атомов кремния в его молекуле.

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Общая формула силанов может быть записана как $\text{Si}_n\text{H}_{(2n+2)}$, то есть на каждые n атомов кремния приходится $2n+2$ атомов водорода.

Выразим массовую долю водорода в молекуле через n : $w(\text{H}) = (2n+2)/(28n+2n+2) = 0.0823$.

Преобразуем: $(2n+2)/(28n+2n+2) = (2n+2)/(30n+2) = (n+1)/(15n+1) = 0.0823$.

$$12.15n + 12.15 = 15n + 1$$

$$11.15 = 2.85n$$

$$n = 3.9 \approx 4$$

Молекула содержит 4 атома кремния и имеет формулу Si_4H_{10} .

Задание № 5.2

Условие:

Кремний способен образовывать с водородом соединения, структурно подобные алканам. В некотором таком соединении массовая доля водорода равна 8.7%. Установите формулу этого соединения. В ответ запишите число атомов кремния в его молекуле.

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Общая формула силанов может быть записана как $\text{Si}_n\text{H}_{(2n+2)}$, то есть на каждые n атомов кремния приходится $2n+2$ атомов водорода.

Выразим массовую долю водорода в молекуле через n : $w(\text{H}) = (2n+2)/(28n+2n+2) = 0.0873$.

Преобразуем: $(2n+2)/(28n+2n+2) = (2n+2)/(30n+2) = (n+1)/(15n+1) = 0.0873$.

$$11.45n + 11.45 = 15n + 1$$

$$10.45 = 3.55n$$

$$n = 3$$

Молекула содержит 3 атома кремния и имеет формулу Si_3H_8 .

Задание № 6

Условие:

Установите соответствие между брутто-формулой органического соединения и числом его изомеров (включая геометрические).

Варианты для соотнесения:

C_3H_6	1
C_2H_6O	2
C_3H_9N	3
C_4H_8	4
C_3H_7Cl	5
$C_2H_2Cl_2$	6

Ответ:

C_3H_6 — 2

C_2H_6O — 2

C_3H_9N — 4

C_4H_8 — 6

C_3H_7Cl — 2

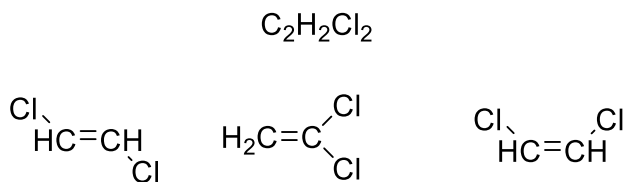
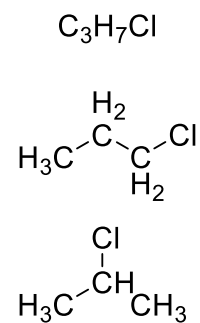
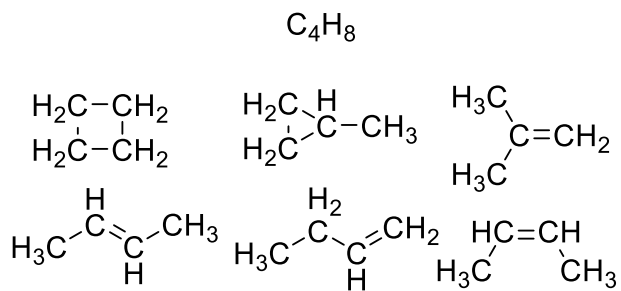
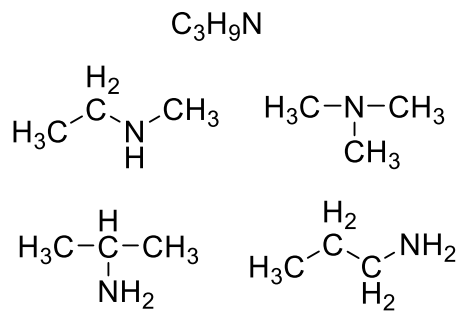
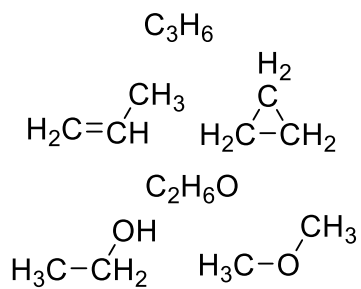
$C_2H_2Cl_2$ — 3

Каждое правильное соответствие — 0.75 балла

Максимальный балл за задание — 4.5

Решение.

Запишем все возможные стабильные изомеры указанных соединений:



При выполнении задания необходимо помнить про возможность образования циклов и геометрическую изомерию.

Задание № 7

Общее условие:

Международным сообществом поставлена задача максимально снизить выбросы углекислого газа в атмосферу в ближайшие десятилетия. Однако для целого ряда химических производств избежать выбросов не удастся. На эти случаи разработан регламент компенсации выбросов высадкой пропорционального количества деревьев.

Известно, что взрослая сосна содержит в среднем 620 кг различных полисахаридов, простейшую формулу которых можно записать как $C_6H_{10}O_5$.



Условие:

Запишите уравнение реакции полного восстановления Fe_3O_4 оксидом углерода (II) в доменной печи. В ответе укажите сумму коэффициентов в правой части уравнения этой реакции.

Ответ: 7

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Уравнение восстановления Fe_3O_4 угарным газом в доменной печи:

$Fe_3O_4 + 4CO = 3Fe + 4CO_2$ – сумма коэффициентов в правой части = $3 + 4 = 7$.

Условие:

Деревья поглощают углекислый газ в процессе фотосинтеза. Запишите суммарное уравнение образования $C_6H_{10}O_5$ в ходе фотосинтеза. В ответе укажите формулу второго продукта этого процесса.

Ответ: O2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Уравнение фотосинтеза: $6\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + 6\text{O}_2$

Условие:

Рассчитайте, получение какой массы железа в кг по реакции из пункта 1 может быть скомпенсировано выращиванием одной сосны.

Ответ: принимается значение в интервале [950; 970]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Количество (моль) полисахаридов в составе 1 сосны:

$$n = m/M(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 620\,000 \text{ г} / 162 \text{ г/моль} = 3827 \text{ моль}.$$

По уравнению реакции фотосинтеза, $n(\text{CO}_2) = 6 \cdot n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)$, а по уравнению реакции восстановления железа, $n(\text{Fe}) = 3 \cdot n(\text{CO}_2)/4 = 4,5 \cdot n(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = 4,5 \cdot 3827 \text{ моль} = 17\,222 \text{ моль}.$

Вычислим массу образующегося железа:

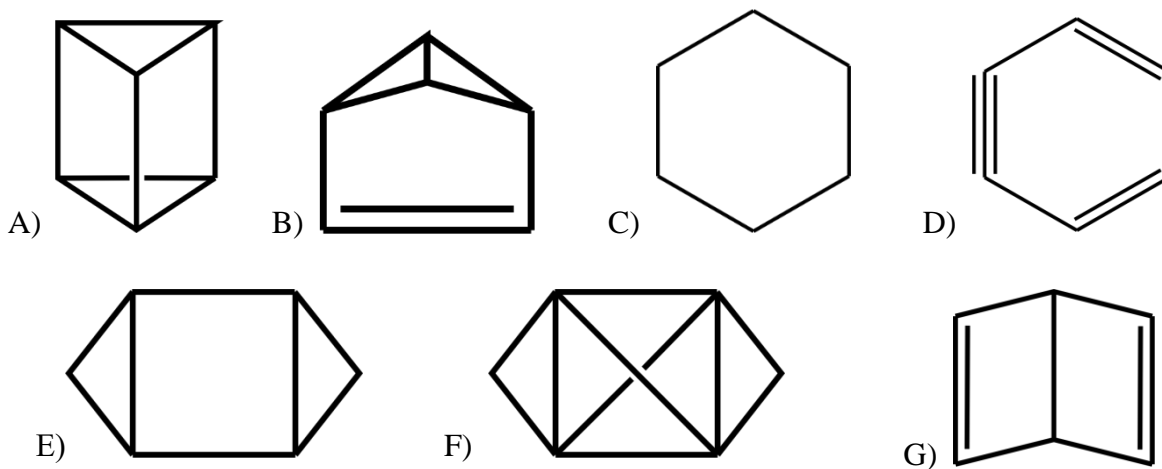
$$m(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль} \cdot 17\,222 \text{ моль} = \mathbf{964 \text{ кг}}.$$

Задание № 8

Условие:

Во второй половине XIX века велись споры о структурной формуле бензола C_6H_6 , выделенного в 1825 году. Помимо общепризнанной сейчас формулы были предложены и другие. Из приведённых ниже структурных формул веществ выберите те, которые изомерны бензолу. Имейте в виду, что каждая вершина соответствует атому углерода, а атомы водорода не показаны.

Варианты ответов:



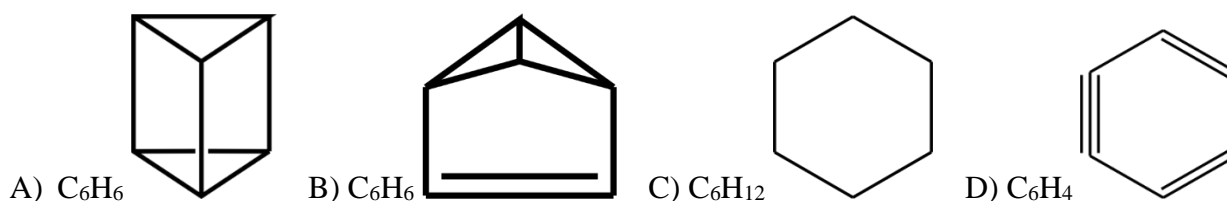
Ответ: ABG

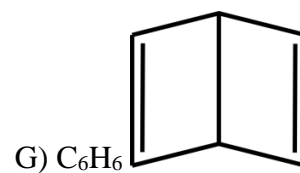
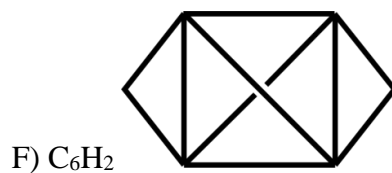
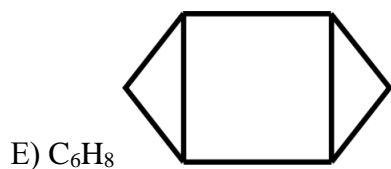
Каждое правильное соответствие — 1.5 балла, штраф за неправильный ответ — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 4.5

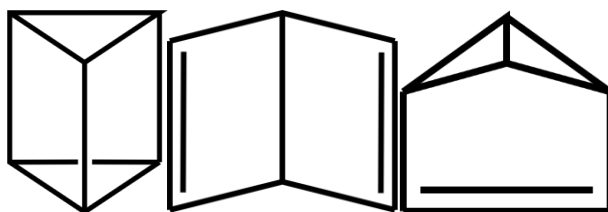
Решение.

Каждой структурной формуле сопоставим брутт-формулу исходя из того, что линии обозначают связи C–C, а вершины, в которых эти линии пересекаются, — четырёхвалентные атомы углерода.





Изомерными будут те вещества, которые имеют ту же формулу, что и бензол (C_6H_6), то есть:



Задание № 9

Общее условие:

Бинарное соединение **X**, массовая доля металла в котором равна 48,28%, является одним из важнейших компонентов солнечных батарей. Оно растворяется в соляной кислоте с выделением газа **A** (молярная масса 78 г/моль). Молекула газа **A** отличается от молекулы аммиака только одним атомом. При небольшом нагревании газ **A** разлагается с образованием газа **B** (молярная масса 2 г/моль). Запишите формулы зашифрованных веществ.

Условие:

Вещество **X**:

Ответ: GaAs или AsGa

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Вещество **A**:

Ответ: AsH₃ или H₃As

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Вещество **B**:

Ответ: H₂

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Из газообразных веществ молярную массу 2 г/моль имеют гелий и водород. Однако гелий не может получиться в результате разложения какого-либо вещества, так как он не образует сложных веществ, следовательно, вещество **B** – водород (H₂).

Молекула **A** отличается от молекулы аммиака одним атомом. Этим атомом может быть азот или водород. Предположим, что молекула **A** отличается от молекулы аммиака (NH_3) одним атомом водорода, то есть имеет формулу $\text{NH}_2\text{Э}$. Тогда, раз $M(\text{A}) = 78$ г/моль, то $M(\text{Э}) = M(\text{A}) - M(\text{NH}_2) = 78 - 16 = 62$ г/моль, что не соответствует ни одному элементу, значит, предположение неверно.

Остаётся вариант, когда молекула **A** отличается от молекулы аммиака заменой азота (ЭH_3). Молярная масса **A** составляет 78 г/моль, откуда $M(\text{A}) = M(\text{ЭH}_3) - 3 \cdot M(\text{H}) = 78 - 3 = 75$ г/моль, что соответствует относительной атомной массе мышьяка, поэтому **A** = AsH_3 (или H_3As).

Мышьяк в газе **A**, как в продукте реакции **X** и соляной кислоты, мог появиться только из **X**. **X** – бинарное соединение, состоящее из неметалла мышьяка и какого-то металла (обозначим его Me). Формулу **X** можно записать так: Me_nAs_m .

$$\omega(\text{As}) = 1 - \omega(\text{Me}) = 1 - 0,4828 = 0,5172$$

$$\omega(\text{As}) = m \cdot M(\text{As}) / (m \cdot M(\text{As}) + n \cdot M(\text{Me})) = 0,5172$$

Откуда:

$$M(\text{Me}) = 0,933 \cdot M(\text{As}) \cdot (m/n) = 70 (m/n), \text{ где } m \text{ и } n - \text{натуральные числа.}$$

При $m = n = 1$ $M(\text{Me}) = 70$ г/моль, что соответствует Ga, тогда **X** = GaAs , что хорошо согласуется с представлениями о валентности – галлий как аналог алюминия, а мышьяк как аналог азота проявляют валентности, равные трём, и соединяются в соотношении 1:1.

Задание № 10

Общее условие:

Органическое вещество **A** не имеет кратных связей, но присоединяет водород с образованием н-бутана в качестве единственного продукта. Вещество **B** является изомером **A** и в результате присоединения водорода даёт два продукта: н-бутан и **C**. Назовите вещества **A**, **B**, **C** по номенклатуре ИЮПАК.

Условие:

Вещество **A**:

Ответ: циклобутан

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Вещество **B**:

Ответ: метилциклопропан или 1-метилциклопропан

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Вещество **C**:

Ответ: 2-метилпропан или изобутан

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

По условию вещества не содержат кратных связей. Как известно, присоединение H_2 наряду с ненасыщенными соединениями, характерно для углеводородов, содержащих циклы из 3 или 4 атомов углерода. Оно происходит с раскрытием цикла. Образование бутана в качестве единственного продукта присоединения H_2 возможно только в том случае, если вещество **A** = циклобутан.

Два продукта присоединения H_2 к веществу **B** состава C_4H_8 возможно в том случае, если связи С-С в малом цикле неравноценны (в отличие от циклобутана). Таким изомером **A** является метилциклопропан: присоединение H_2 по связи между вторичным и третичным атомами углерода приведёт к н-бутану, а присоединение по связи между вторичными атомами углерода приведёт к 2-метилпропану (вещество **C**).

Задание № 11

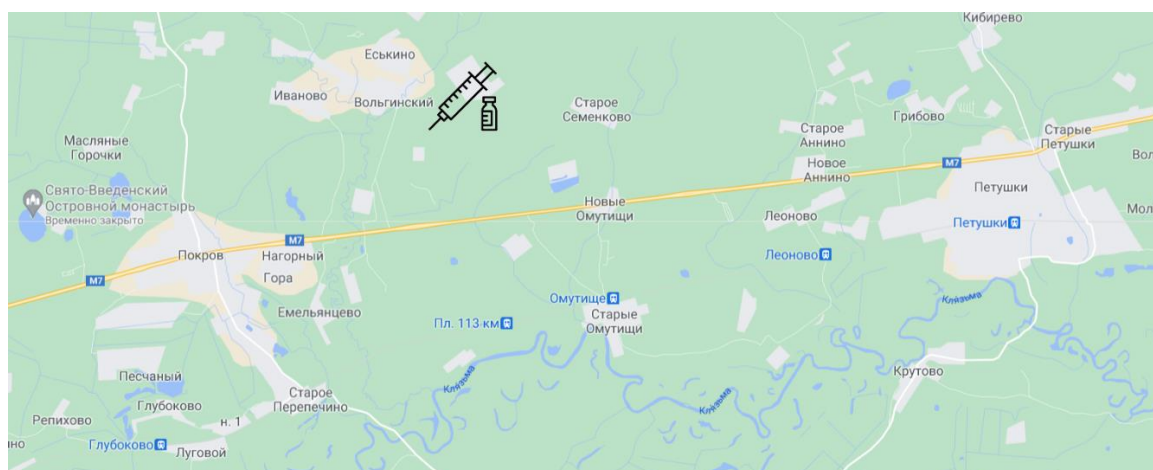
Общее условие:

Вакцину «Спутник V» производят в России на шести заводах: в Москве, Зеленограде, Стрельне, Уфе и поселке Вольгинский Владимирской области, в котором находятся сразу два завода. Вся производимая вакцина развозится по регионам в авторефрижераторах, где она находится при температуре ниже $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Считается, что при такой температуре срок хранения вакцины составляет 12 месяцев. В обычном же холодильнике при $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ срок хранения снижается до 2 месяцев.

Срок хранения лекарственных препаратов и пищевых продуктов иногда оценивают по знакомой вам формуле Вант-Гоффа:

$$\tau_1/\tau_2 = \gamma^{(t_2 - t_1)/10}$$

где τ_1 и τ_2 – времена хранения при температурах t_1 и t_2 ($^{\circ}\text{C}$) соответственно.



Условие:

Рассчитайте с точностью до десятых значение температурного коэффициента γ в уравнении Вант-Гоффа для срока хранения вакцины.

Ответ: принимается значение в интервале $[2,4;2,5]$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Подставим в формулу Вант-Гоффа данные о сроках хранения при $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, указанные в условии:

$$12 \text{ мес.} / 2 \text{ мес.} = \gamma^{(2 - (-18))/10}, \text{ откуда } 6 = \gamma^2, \gamma = \sqrt{6} \approx 2,45.$$

Условие:

Оцените, сколько времени в сутках может храниться вакцина при 25 °С.

Ответ: принимается значение в интервале [7;9]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Пусть Т (мес.) – время хранения вакцины при 25 °С, подставим в уравнение:

$2 \text{ мес.}/T = 2.45^{(25-2)/10} = 2.45^{2.3} \approx 7.85$, откуда $T = 2 \text{ мес.}/7.85 = 0.2546 \text{ мес.} \cdot (365.25 \text{ дней}/12 \text{ мес}) =$
7,75 суток.

Задание № 12

Условие:

Гептил (1,1-диметилгидразин, $(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$) является компонентом ракетного топлива. В качестве окислителя гептила используют тетраоксид азота (N_2O_4). Вычислите стандартную энтальпию сгорания одного моля гептила в тетраоксиде азота в кДж/моль с точностью до десятых.

Справочные данные по стандартным энтальпиям образования соединений:

$$\Delta_f H^0_{298}(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f H^0_{298}(\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}) = -241,8 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_f H^0_{298}(\text{N}_2\text{O}_4) = 9,6 \text{ кДж/моль}$$

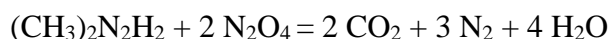
$$\Delta_f H^0_{298}((\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2) = 46,3 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: принимается значение в интервале $[-1820; -1819]$

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

Запишем уравнение сгорания гептила в тетраоксиде азота исходя из того, что при действии сильных окислителей на органические соединения углерод переходит в углекислый газ, водород – в воду, а азот – в молекулярный азот:



Стандартная энтальпия реакции равна разности между стандартной энтальпией образования продуктов и стандартной энтальпией образования реагентов, то есть:

$$\Delta_r H^0_{298} = 2 \cdot \Delta_f H^0_{298}(\text{CO}_2) + 3 \cdot \Delta_f H^0_{298}(\text{N}_2) + 4 \cdot \Delta_f H^0_{298}(\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}) - 2 \cdot \Delta_f H^0_{298}(\text{N}_2\text{O}_4) - \Delta_f H^0_{298}((\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2) = 2 \cdot (-393,5) + 3 \cdot (0) + 4 \cdot (-241,8) - 2 \cdot 9,6 - 46,3 = -1819,7 \text{ кДж/моль}$$

Не забудьте, что стандартная энтальпия образования простых веществ (в том числе и азота) по соглашению выбрана равной нулю.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 11 класса

(группа № 2)

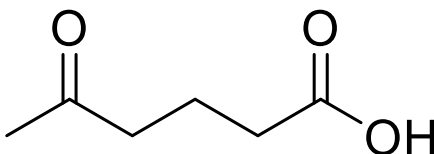
2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1.1

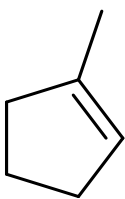
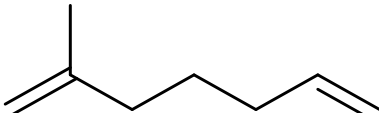
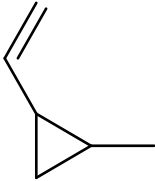
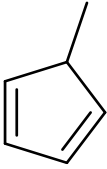
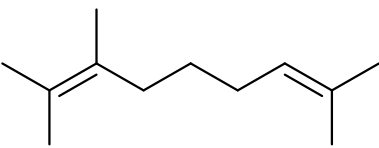
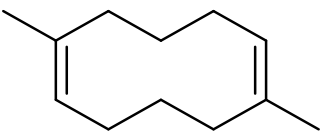
Общее условие:

Некоторый углеводород подвергли окислению перманганатом калия в кислой среде. При этом образовался только один органический продукт реакции:

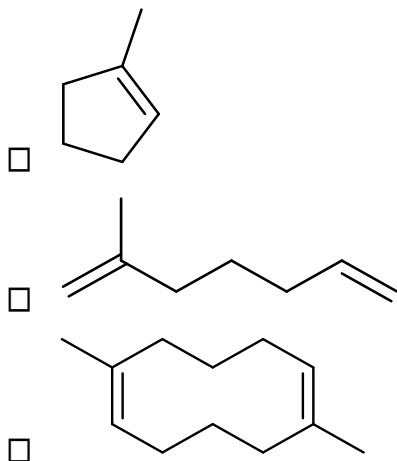


Условие:

Выберите все возможные структурные формулы данного углеводорода.

- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 

Ответ:



Каждый правильный выбор — 1.5 балла, штраф за неправильный ответ — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 4, не менее 0 баллов за задание

Решение.

При окислении перманганатом калия атом углерода с двумя заместителями при двойной связи ($RR'C=$) окисляется до кетона ($RR'C=O$), атом углерода с одним заместителем ($RCH=$) окисляется до карбоновой кислоты ($RCOOH$), а атом без заместителей ($H_2C=$) окисляется до углекислого газа (не является органическим продуктом реакции).

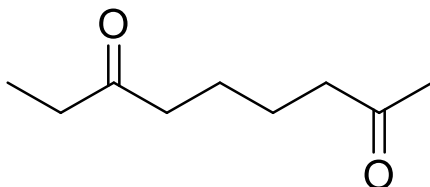
Циклопропановая система не окисляется перманганатом калия.

Таким образом, атомы, при которых в результате окисления образовались карбонильная и карбоксильная группы, до окисления могли быть соединены друг с другом (циклическая система 1) или с метиленовой группой CH_2 (линейная система 2) либо могли быть объединены в цикл (структура 6). Соединение 5 в результате окисления образует еще и ацетон, являющийся органическим продуктом, что противоречит условию.

Задание № 1.2

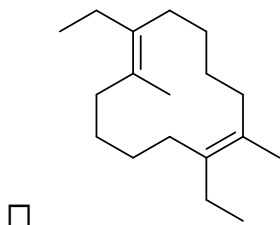
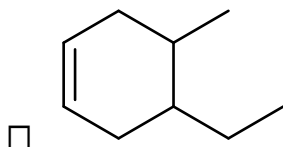
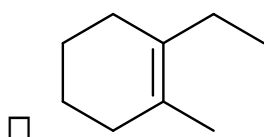
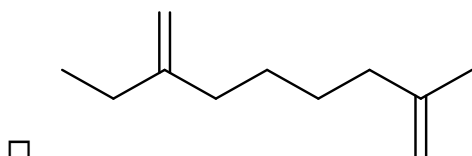
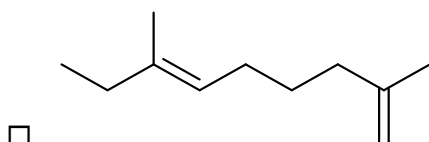
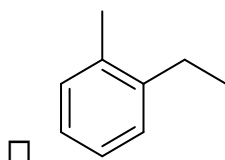
Общее условие:

Некоторый углеводород подвергли окислению перманганатом калия в кислой среде. При этом образовался только один органический продукт реакции:

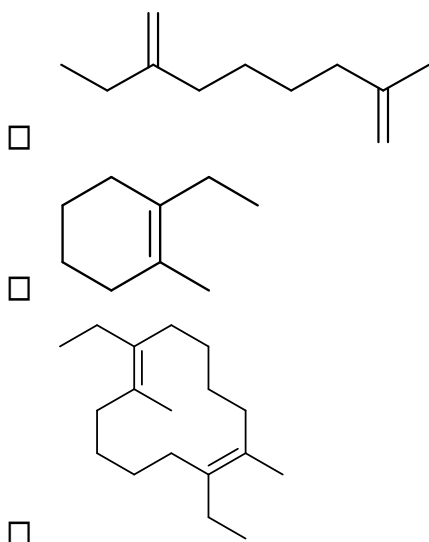


Условие:

Выберите все возможные структурные формулы данного углеводорода.



Ответ:



Каждый правильный выбор — 1.5 балла, штраф за неправильный ответ — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 4, не менее 0 баллов за задание

Решение.

При окислении перманганатом калия атом углерода с двумя заместителями при двойной связи ($RR'C=$) окисляется до кетона ($RR'C=O$), атом углерода с одним заместителем ($RCH=$) окисляется до карбоновой кислоты ($RCOOH$), а атом без заместителей ($H_2C=$) окисляется до углекислого газа (не является органическим продуктом реакции).

Таким образом, атомы, при которых в результате окисления образовались карбонильные группы, до окисления могли быть соединены друг с другом (циклическая система **4**) или с метиленовой группой CH_2 (линейная система **3**) либо могли быть объединены в цикл (структура **6**). Соединение 2 в результате окисления образует еще и бутанон, являющийся органическим продуктом, что противоречит условию. Окисление 5 приведёт к образованию разветвлённой дикарбоновой кислоты.

Задание № 2

Условие:

Вещество, в состав которого входит 4 разных элемента, стало первым координационным соединением, полученным человеком. Его тривиальное название состоит из двух слов, одно из которых характеризует цвет вещества, а другое – город (в англоязычном названии – страну) синтеза. Один из металлов, входящих в состав этого вещества, образует с простым жёлто-зелёным газообразным веществом два устойчивых при нормальных условиях бинарных соединения. Укажите, на сколько процентов молярная масса более тяжелого из этих соединений превышает молярную массу более легкого.

Ответ: 28

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Одним из координационных соединений, с которым Вы познакомились в школьном курсе химии, является берлинская лазурь (англоязычное название – Prussian blue, прусская синяя), $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. В состав этого вещества входит 4 элемента, один из которых – железо, для которого, как и для многих переходных элементов, характерна способность образовывать соединения, в которых оно проявляет различные степени окисления.

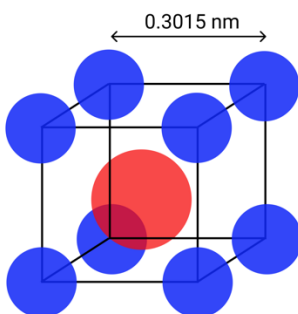
С простым желто-зеленым газом (хлором) железо образует два хлорида: FeCl_2 и FeCl_3 .

$M(\text{FeCl}_3)/M(\text{FeCl}_2) = 162,5/127 = 1,28$. Ответ: на **28%**.

Задание № 3.1

Общее условие:

В последние годы всё больше внимания привлекают вещества с эффектом памяти формы, классическим примером которых является интерметаллическое соединение, образуемое никелем и титаном. Оно имеет кубическую кристаллическую решетку типа CsCl (атомы более легкого элемента находятся в вершинах куба, а атом другого – в центре куба), параметр решетки (длина ребра куба) составляет 0.3015 нм.



Условие:

Запишите химическую формулу этого соединения.

Ответ: TiNi или NiTi

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Рассмотрим данную в условии структуру. Видно, что атом, отмеченный красным, входит в состав элементарной ячейки в единственном количестве. В вершинах расположены 8 атомов, помеченных синим, однако каждый из них в равной степени принадлежит восьми ячейкам, поэтому суммарно на одну ячейку приходится один атом, помеченный синим. Итак, стехиометрия 1:1, формула интерметаллида **NiTi** или **TiNi**.

Условие:

Определите его плотность в г/см³ с точностью до десятых.

Ответ: принимается значение в интервале [6,3;6,6]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

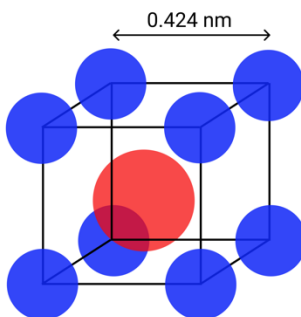
Из физики известно, что плотность равна отношению массы к объёму. Искомая масса М равна атомной массе NiTi, а объём равен объёму куба:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{M_{NiTi}}{N_A \cdot a^3} = \frac{107}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot (3,015 \cdot 10^{-8})^3} = \mathbf{6,5 \text{ г/см}^3}$$

Задание № 3.2

Общее условие:

В последние годы всё больше внимания привлекают различные интерметаллические соединения, типичным примером которых являются соединения цезия с золотом (ауриды цезия). На рисунке представлена структура одного из них. Соединение имеет кубическую кристаллическую решетку типа CsCl (атомы более легкого элемента находятся в вершинах куба, а атом другого – в центре куба), параметр решетки (длина ребра куба) составляет 0.424 нм.



Условие:

Запишите химическую формулу этого соединения.

Ответ: CsAu или AuCs

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Рассмотрим данную в условии структуру. Видно, что атом, отмеченный жёлтым, входит в состав элементарной ячейки в единственном количестве. В вершинах расположены 8 атомов, помеченных фиолетовым, однако каждый из них в равной степени принадлежит восьми ячейкам, поэтому суммарно на одну ячейку приходится один атом, помеченный фиолетовым. Итак, стехиометрия 1:1, формула интерметаллида **CsAu или AuCs**.

Условие:

Определите его плотность в г/см³ с точностью до десятых.

Ответ: принимается значение в интервале [7,0;7,4]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Из физики известно, что плотность равна отношению массы к объёму. Искомая масса M равна атомной массе M_{CsAu} , а объём равен объёму куба:

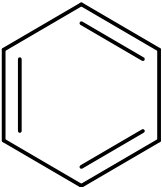
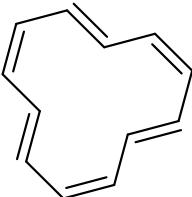
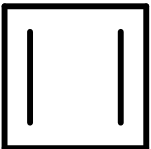
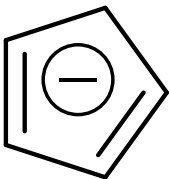
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{M_{CsAu}}{N_A \cdot a^3} = \frac{330}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot (4,24 \cdot 10^{-8})^3} = 7,2 \text{ г/см}^3$$

Задание № 4

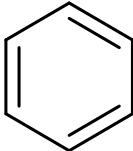
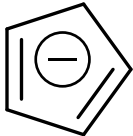
Условие:

Правило Хюккеля гласит, что плоское циклическое соединение с сопряженной системой связей ароматично, если число электронов на π -орбиталях равно $4n+2$, где n – целое неотрицательное число. Какие из приведенных соединений ароматичны?

Варианты ответов:

- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 
- ☐ 

Ответ:

- ☐ 
- ☐ 

Каждый правильный выбор — 2 балла, штраф за неправильный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4, не менее 0 баллов за задание

Решение.

Определим количество электронов на π -орбиталях в приведенных в задаче молекулах:

бензол – 6

12-аннулен – 12

циклобутадиен – 4

циклопентадиенил-анион – 6.

Таким образом, у бензола и циклопентадиенил-аниона по $4n+2$ электрона ($n=1$), у 12-аннулена – $4n$ ($n=3$) и у циклобутадиена – $4n$ ($n=1$). Следовательно, согласно правилу Хюккеля ароматическими углеводородами в приведенном перечне являются только **бензол** и **циклопентадиенил-анион**.

Задание № 5

Общее условие:

Газовая смесь с плотностью по водороду 18 содержит два газа в мольном соотношении 1:1. Известно, что молекулы одного из газов полярны (имеют ненулевой дипольный момент), а другого – неполярны.

Выберите все возможные составы описанной газовой смеси:

Варианты ответов:

- ☐ CO и CO₂
- ☐ N₂ и N₂O
- ☐ N₂ и CO
- ☐ CO и N₂O
- ☐ CO₂ и N₂O
- ☐ CO₂ и N₂

Ответ:

- ☐ CO и CO₂
- ☐ N₂ и N₂O

Каждый правильный выбор — 2 балла, штраф за неправильный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4, не менее 0 баллов за задание

Решение.

Молярные массы CO и N₂ равны 28 г/моль, а молярные массы CO₂ и N₂O равны 44 г/моль. Средняя молярная масса смеси 36 г/моль, соответствующая плотности по водороду 18, соответствует эквимольной смеси веществ с молярными массами 28 и 44. Следовательно, смесь N₂ и CO и смесь CO₂ и N₂O не могут иметь плотность по водороду, равную 18.

В оставшихся четырёх смесях проанализируем полярность молекул. Молекулы CO₂ и N₂ имеют цилиндрическую симметрию и по этой причине неполярны. Молекулы CO и N₂O, напротив, полярны. Таким образом, условию не удовлетворяет смесь CO и N₂O и смесь CO₂ и N₂.

Задание № 6

Общее условие:

На контрольной на уроке химии ученики получили задание назвать ряд ароматических соединений. Их ответы (не содержащие грубых ошибок, но не всегда следующие рекомендациям ИЮПАК) приведены ниже:

- 1) 4-метилфенол
- 2) 1,2,4-триметилбензол
- 3) 1,3,4-триметилбензол
- 4) 1,2,3,5-тетраметилбензол
- 5) 1,3,5,6-тетраметилбензол
- 6) 4-гидроксифенилметан
- 7) 1,4,6-триметилбензол
- 8) 1,2,4,5-тетраметилбензол
- 9) 1,4,5-триметилбензол
- 10) 1-метил-4-гидроксибензол
- 11) 4-гидрокситолуол

Условие:

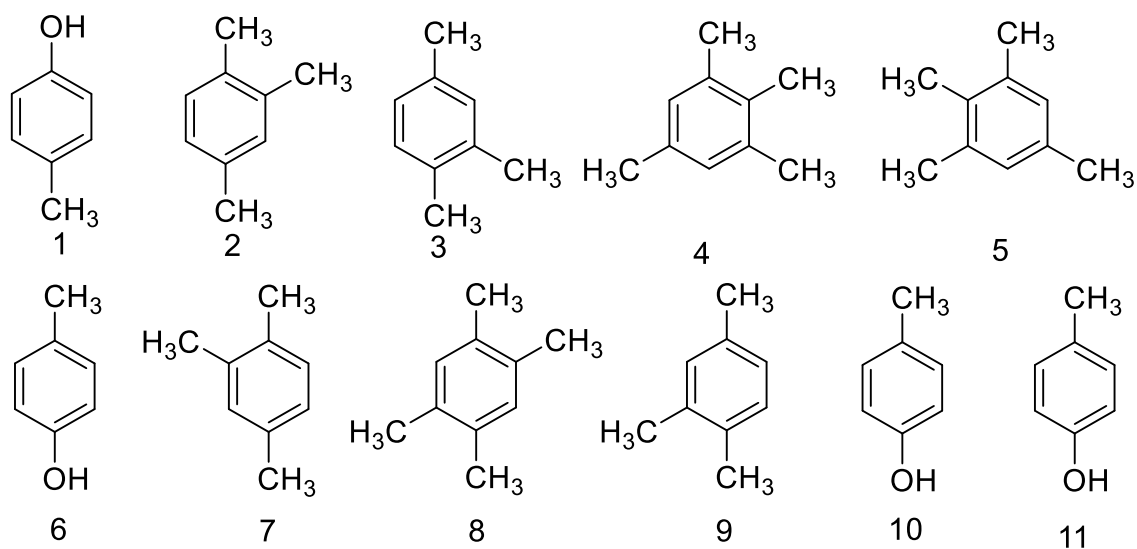
Какому количеству разных соединений соответствуют эти ответы?

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Изобразим структурные формулы, соответствующие приведённым названиям:



Очевидно, что структура 1 совпадает со структурами 6, 10 и 11; структура 2 совпадает со структурами 3, 7 и 9; структура 4 совпадает со структурой 5, а структура 8 не имеет дубликатов. Итого **4** структуры.

Задание № 7

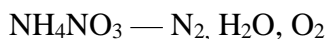
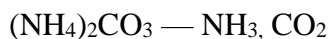
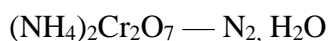
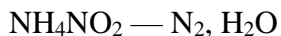
Условие:

Установите соответствия между формулами солей и продуктами их термического разложения. Одной соли может соответствовать несколько продуктов.

Варианты для соотнесения:

NH_4NO_2	HCl
$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	NH_3
NH_4NO_3	CO_2
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	N_2
NH_4Cl	O_2
	H_2O
	NO_2

Ответ:

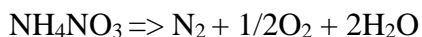
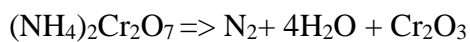
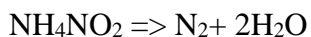


Каждое правильное соответствие — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 5.5

Решение.

Запишем уравнения реакций разложения соединений:

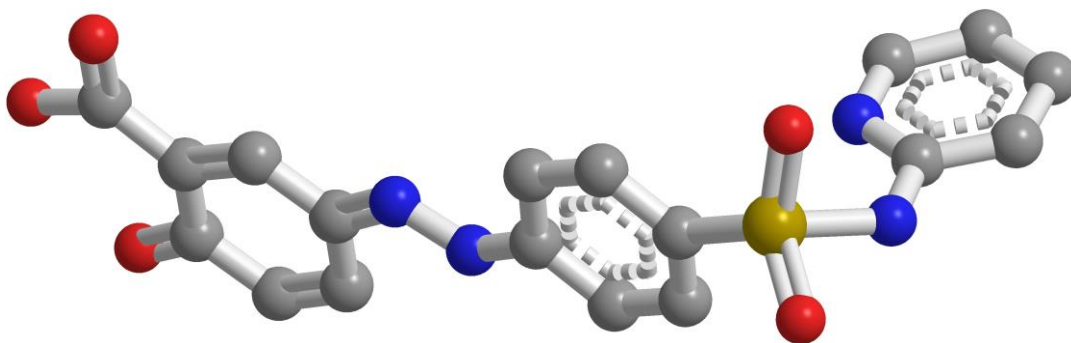


Реакция разложения нитрата аммония может протекать с образованием N_2O , однако такого варианта в ответах нет.

Задание № 8

Общее условие:

На рисунке приведена модель незаряженной органической молекулы, состоящей из атомов углерода, водорода, кислорода, азота и серы. Атомы водорода в модели не показаны. Установите число атомов каждого типа в молекуле.



Условие:

Число атомов C:

Ответ: 18

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Число атомов H:

Ответ: 14

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Число атомов O:

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Число атомов N:

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Число атомов S:

Ответ: 1

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Сосчитать атомы углерода несложно – их **18**. Очевидно, что красный цвет соответствует кислороду (**5** атомов), синий – азоту (**4** атома), жёлтый – сере (**1** атом).

Атомы водорода располагаются при каждом незамещённом атоме углерода в ароматических кольцах (всего 11), один соединён с кислородом в составе карбоксильной группы. Внимательное изучение связей покажет, что два атома азота на схеме изображены двухвалентными, а значит, к ним присоединено ещё по атому водорода. Итого водорода в соединении **14** атомов.

Задание № 9

Условие:

На банке с неким органическим соединением сохранилась полустертая надпись:

?-бром-?-иод-бутан

Знаки вопроса соответствуют пропущенным цифрам. Оцените вероятность того, что в банке находится 1-бром-2-иод-бутан. Вероятности присутствия различных изомеров считайте равными (оптические изомеры не учитывайте). Ответ представьте в виде простой дроби.

Ответ: 1/8

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Рассмотрим возможные изомеры. Веществами в банке могут быть следующие:

1-бром-1-иодбутан

1-бром-2-иодбутан

1-бром-3-иодбутан

1-бром-4-иодбутан

2-бром-1-иодбутан

2-бром-2-иодбутан

2-бром-3-иодбутан

3-бром-1-иодбутан

Итого возможно 8 различных вариантов. Если присутствие в банке любого из этих изомеров равновероятно, то вероятность нахождения 1-бром-2-иод-бутана составит **1/8**.

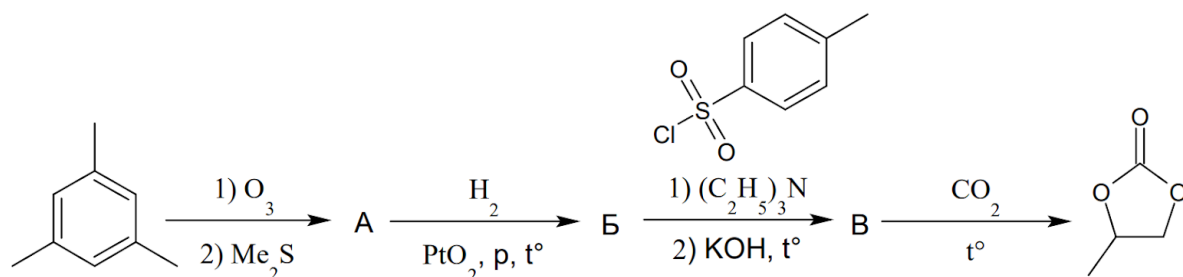
Задание № 10

Условие:

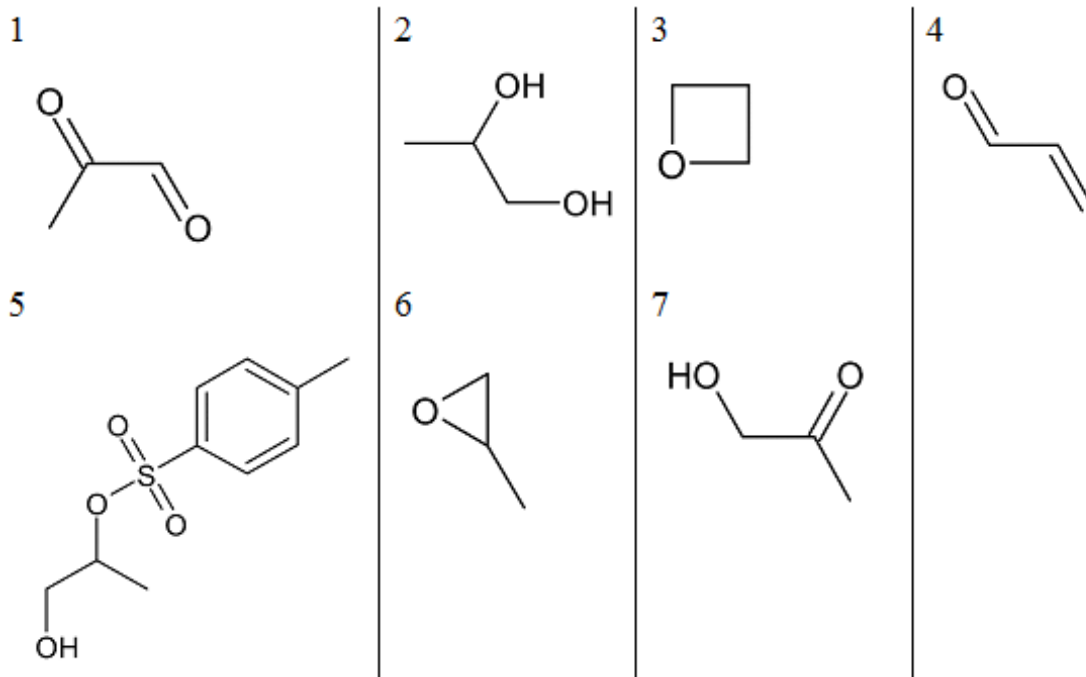
Ниже приведена схема получения растворителя, используемого в литиевых аккумуляторах.

Определите вещества **A** – **B**.

Подсказка: диметилсульфид является восстановителем.



Возможные структуры:



Варианты для соотнесения:

A	1
Б	2
В	3
	4
	5
	6

Ответ:

А – 1

Б – 2

В – 6

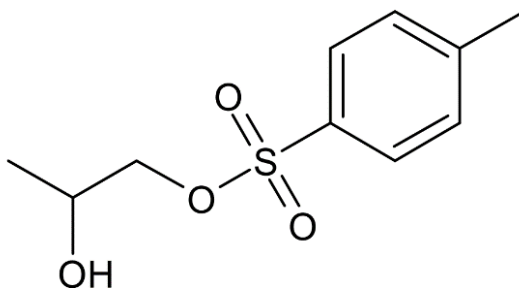
Каждое правильное соответствие — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Первая реакция – восстановительный озonoлиз. Очевидно, что в реакции не может получиться диол, так как спирты не гидрируются. При этом подсказка о том, что диметилсульфид используется как восстановитель, позволяет исключить вариант образования пировиноградной кислоты, которой, более того, нет в приведенных вариантах ответов. Следовательно, образуется метилглиоксаль (**1**). На катализаторе Адамса (PtO_2) в автоклаве при высоких температурах и давлениях удаётся восстановить карбоксильные группы до спиртовых, образуется диол, при этом восстановить лишь одну группу в таких жёстких условиях не удалось бы, поэтому правильное соединение Б – **2**. Следующая реакция наиболее неочевидна: на первой стадии образуется аналог сложного эфира, представленный на рисунке справа (аналогичная реакция, протекает, например, с хлорангидами карбоновых кислот). Образующаяся сложноэфирная группа обозначается в органике OTs и является аналогом галогена, то есть данное соединение по свойствам напоминает 1-хлорпропан-2-ол. На второй стадии происходит внутримолекулярное образование простого эфира, при этом образующуюся пара-толуолсульфоновую кислоту (TsOH) связывает триэтиламин.

В результате образуется пропиленоксид **6**. Ответ: **А – 1, Б – 2, В – 6.**



Задание № 11.1

Условие:

Какой объём 0,01 М соляной кислоты в мл нужно добавить к 100 мл дистиллированной воды, чтобы концентрация катионов водорода в растворе стала в десять тысяч раз больше, чем концентрация гидроксид-анионов? Учтите, что в водных растворах при комнатной температуре выполняется соотношение:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

Квадратными скобками обозначаются концентрации ионов в моль/л.

Ответ: принимается значение в интервале [0,100; 0,101]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Пусть после добавления соляной кислоты $[\text{H}^+] = x$, тогда $[\text{OH}^-] = x/10000 = x \cdot 10^{-4}$ (по условию). В то же время должно выполняться условие:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = x \cdot x \cdot 10^{-4} = 10^{-14}$$

$$x^2 = 10^{-10}$$

$$x = 10^{-5} \text{ моль/л}$$

Пусть было добавлено V мл кислоты, это означает, что количество катионов водорода в растворе после добавления кислоты составило:

$$n(\text{H}^+) = C(\text{HCl}) \cdot V$$

А их концентрация:

$$n(\text{H}^+) / (V_{\text{нач}} + V) = c \cdot V / (V_{\text{нач}} + V) = x$$

где $V_{\text{нач}}$ — начальный объём раствора

Выразим из этого уравнения V :

$$V = x \cdot V_{\text{нач}} / (C(\text{HCl}) - x) = 10^{-5} \cdot 100 / (0,01 - 10^{-5}) = 0,1001 \text{ мл}$$

$$V = 0,1001 \text{ мл}$$

Задание № 11.2

Условие:

Какой объём 0,01 М гидроксида натрия в мл нужно добавить к 100 мл дистиллированной воды, чтобы концентрация катионов водорода в растворе стала в десять тысяч раз меньше, чем концентрация гидроксид-анионов? Учтите, что в водных растворах при комнатной температуре выполняется соотношение:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

Квадратными скобками обозначаются концентрации ионов в моль/л.

Ответ: принимается значение в интервале [0,100; 0,101]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Пусть после добавления гидроксида натрия (NaOH) $[\text{OH}^-] = x$, тогда $[\text{H}^+] = x/10000 = x \cdot 10^{-4}$ (по условию). В то же время должно выполняться условие:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = x \cdot x \cdot 10^{-4} = 10^{-14}$$

$$x^2 = 10^{-10}$$

$$x = 10^{-5} \text{ моль/л}$$

Пусть было добавлено V мл щёлочи, это означает, что количество гидроксид-ионов в растворе после добавления щёлочи составило:

$$n(\text{OH}^-) = C(\text{NaOH}) \cdot V$$

А их концентрация:

$$n(\text{OH}^-) / (V_{\text{нач}} + V) = c \cdot V / (V_{\text{нач}} + V) = x$$

где $V_{\text{нач}}$ — начальный объём раствора

Выразим из этого уравнения V :

$$V = x \cdot V_{\text{нач}} / (C(\text{NaOH}) - x) = 10^{-5} \cdot 100 / (0,01 - 10^{-5}) = 0,1001 \text{ мл}$$

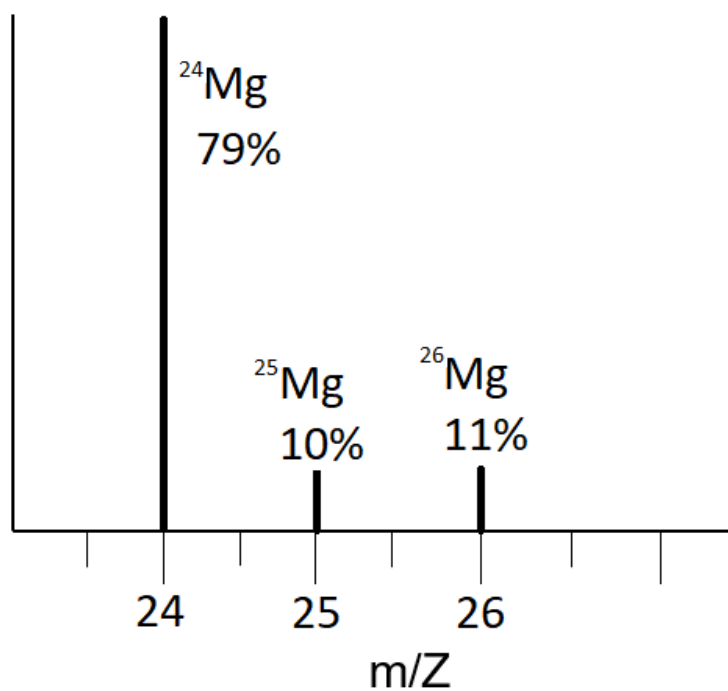
$$V = \mathbf{0,1001 \text{ мл}}$$

Задание № 12.1

Общее условие:

Метод масс-спектрометрии позволяет зафиксировать сигналы от отдельных изотопологов (молекул одного и того же вещества, различающихся только изотопным составом), что дает возможность надежно определить брутто-формулу веществ. Количество сигналов в масс-спектре будет равно числу изотопологов, а интенсивность сигналов будет определяться распространенностью изотопов в природе.

Например, масс-спектр атомарного иона магния будет выглядеть так:



Условие:

Определите количество сигналов в масс-спектре молекулярного иона трихлорида брома, если известно, что в природе и бром, и хлор представлены двумя изотопами (⁷⁹Br, ⁸¹Br, ³⁵Cl и ³⁷Cl соответственно).

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При каком значении молярной массы молекулярного иона сигнал будет наименее интенсивным?

Ответ: 192

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Рассмотрим возможный изотопный состав трихлорида брома и соответствующие различным изотопологам молекулярные массы.

$^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}_3$ $M = 184$ а.е.м.

$^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}_2^{37}\text{Cl}$ $M = 186$ а.е.м

$^{79}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}_2$ $M = 188$ а.е.м

$^{79}\text{Br}^{37}\text{Cl}_3$ $M = 190$ а.е.м.

$^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}_3$ $M = 186$ а.е.м.

$^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}_2^{37}\text{Cl}$ $M = 188$ а.е.м.

$^{81}\text{Br}^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl}_2$ $M = 190$ а.е.м.

$^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}_3$ $M = 192$ а.е.м.

Итого получается 5 различных значений молекулярных масс, что соответствует 5 пикам в масс-спектре.

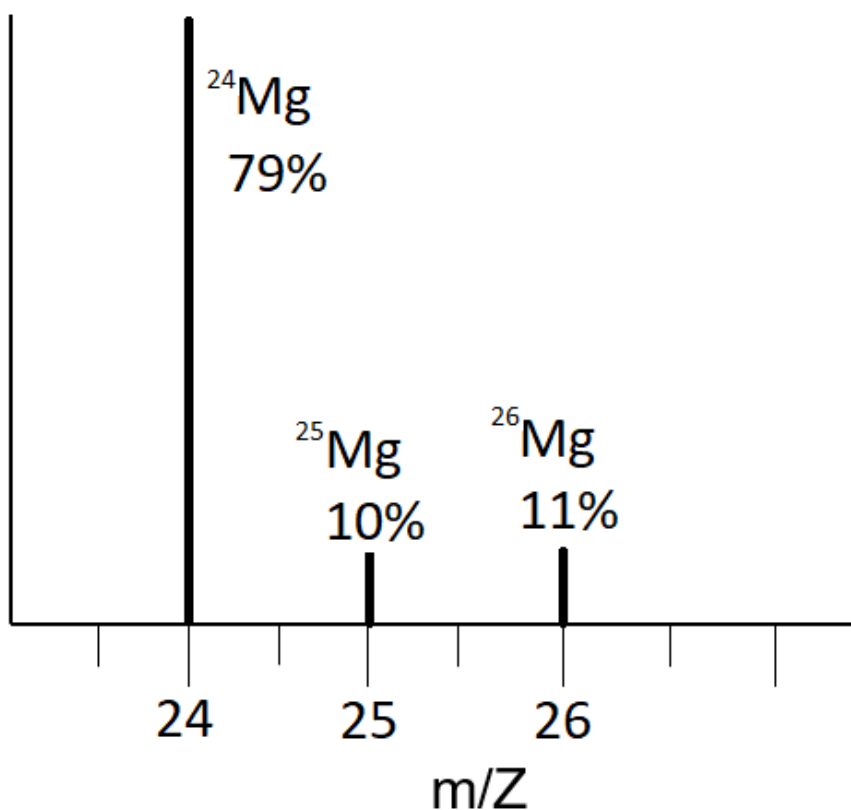
Наименее интенсивный сигнал в масс-спектре должен соответствовать наименее вероятной комбинации изотопов. У брома содержание обоих изотопов в природе равновероятно, а у хлора содержание ^{37}Cl существенно меньше, чем ^{35}Cl (обратите внимание, что средняя атомная масса хлора — 35,453 а.е.м. - намного ближе к 35, чем к 37). Наименее распространенным изотопологом является $^{81}\text{Br}^{37}\text{Cl}_3$ с молекулярной массой **192** а.е.м.

Задание № 12.2

Общее условие:

Метод масс-спектрометрии позволяет зафиксировать сигналы от отдельных изотопологов (молекул одного и того же вещества, различающихся только изотопным составом), что дает возможность надежно определить брутто-формулу веществ. Количество сигналов в масс-спектре будет равно числу изотопологов, а интенсивность сигналов будет определяться распространенностью изотопов в природе.

Например, масс-спектр атомарного иона магния будет выглядеть так:



Условие:

Определите количество полос в масс-спектре молекулярного иона дихлорида меди, если известно, что в природе и медь, и хлор представлены двумя изотопами (^{63}Cu , ^{65}Cu , ^{35}Cl и ^{37}Cl соответственно).

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

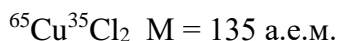
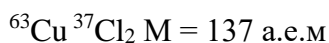
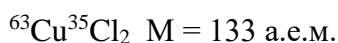
При каком значении молярной массы молекулярного иона сигнал будет наименее интенсивным?

Ответ: 139

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Рассмотрим возможный изотопный состав дихлорида меди и соответствующие различным изотопологам молекулярные массы.



Итого получается 4 различных значения молекулярных масс, что соответствует **4** пикам в масс-спектре.

Наименее интенсивный сигнал в масс-спектре должен соответствовать наименее вероятной комбинации изотопов. У меди менее распространенным изотопом является ^{65}Cu , а у хлора содержание ^{37}Cl существенно меньше, чем ^{35}Cl (обратите внимание, что средняя атомная масса меди – 63,546 а.е.м.,- намного ближе к 63, чем к 65, а средняя атомная масса хлора – 35,453 а.е.м. - намного ближе к 35, чем к 37. Наименее распространенным изотопологом является $^{65}\text{Cu}^{37}\text{Cl}_2$ с молекулярной массой **139** а.е.м.