

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:

- NH₃
- He
- LiF
- O₂
- Ne
- B
- H₂O
- C₂H₂

Ответ:

- NH₃
- He
- Ne
- C₂H₂

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 — H ₂ O
_____ поцелуй — N ₂ (78%), O ₂ (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.

Заменяем 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:

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

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

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

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

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.

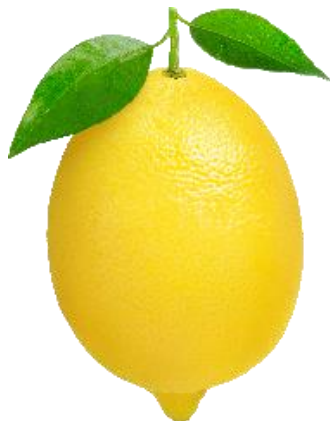
Пара A, B	n/m в виде десятичной дроби	n/m в виде рациональной дроби
F, Cl	0,5115	1/2 + 0,0115
F, Br	0,2269	2/9 + 0,0047
F, I	0,1429	1/7 - 0,0000
F, At	0,0861	1/12 + 0,0028
Cl, Br	0,4234	5/12 + 0,0067
Cl, I	0,2666	1/4 + 0,0166
Cl, At	0,1611	1/6 – 0,0056

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

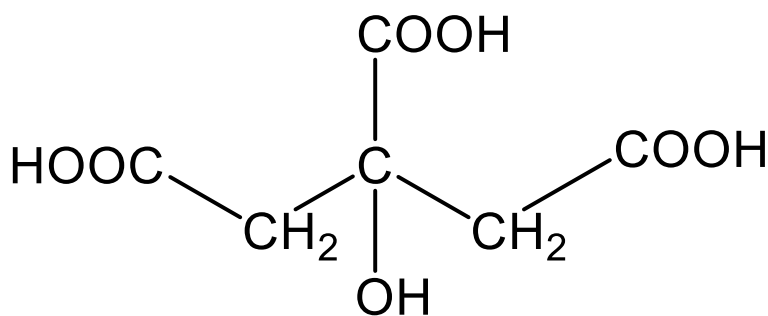
Десятичная дробь наиболее точно переводится в рациональную в случае $A = F$, $B = I$, тогда $n = 1$, $m = 7$. Формула соединения **IF7**.

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

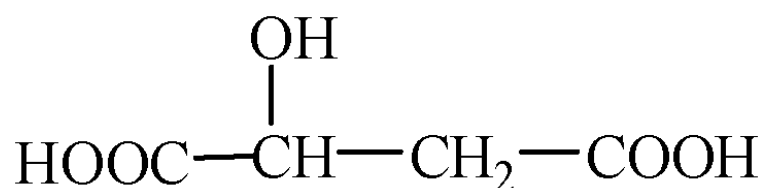
$n = 250 \cdot 0,056 / 192 = \mathbf{0,073}$ моль.

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

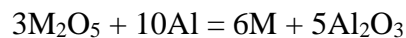
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$, тогда молярная масса составляет $M = 12 \cdot 4 + 6 + 16 \cdot 5 = 134$ г/моль

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

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

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

Молярная масса металла равна отношению массы к количеству вещества:

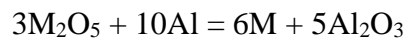
$1 : 0,0108 = 92,6 \text{ г/моль}$, что ближе всего к ниобию (Nb), и именно этот металл способен проявлять в соединениях степень окисления +5.

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:

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

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

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 искомым 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.