

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 11 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

Общее количество электронов в порции предельного двухатомного спирта массой 37.848 г равно $1.26 \cdot 10^{25}$. Определите молекулярную формулу спирта. При расчётах все данные округляйте до тысячных.

Ответ: $C_3H_8O_2$

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Общая формула двухатомных спиртов: $C_aH_{2a}(OH)_2$

Элемент	Количество атомов	Количество электронов в одном атоме	Суммарное количество электронов
C	a	6	6 a
H	2a+2	1	2a+2
O	2	8	16
			8a+18

Количество молекул спирта: $N = 1.26 \cdot 10^{25} / (8a + 18)$

Количество моль спирта:

$$n = N/N_A = m/M$$

$$1.26 \cdot 10^{25} / (8a + 18) \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 37.848 \text{ г} / (14a + 34)$$

$$a = 3$$

Формула спирта: $C_3H_6(OH)_2$

Задание № 2

Условие:

28.60 г кристаллической соды внесли в 1056 г 2 % раствора карбоната натрия.

Сколько атомов водорода приходится на 1 атом натрия в полученном растворе?

При расчётах все входные данные округляйте до сотых.

Ответ: 195

Точное совпадение ответа — 6 баллов

Решение.

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 28.60 \text{ г.}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 28.60/286 = 0.10 \text{ моль} = n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) \text{ в кристаллогидрате} = 1 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \text{ в растворе} = 1056 \cdot 0.02 = 21.12 \text{ г.}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 21.12/106 = 0.20 \text{ моль}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.1 + 0.2 = 0.30 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}) = 0.60 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) \text{ в растворе} = 1056 - 21.2 = 1034.80 \text{ г}$$

$$n_2(\text{H}_2\text{O}) = 57.50 \text{ моль}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{H}_2\text{O}) = 58.50 \text{ моль}$$

$$n_{\text{общ}}(\text{H}) = 117 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) : n(\text{Na})$$

$$117 : 0.60$$

$$x : 1$$

$$x = 195$$

195 атомов водорода приходится на 1 ион натрия

Задание № 3

Условие:

Какие вещества можно использовать для последовательного осуществления следующих превращений?

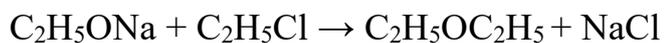
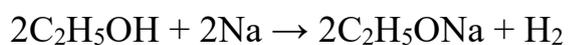


Ответ:

- KOH, NaCl, C₂H₅OH
- HOH, NaOH, C₂H₅OH
- KOH (H₂O), Na, C₂H₅Cl
- O₂, Na, C₂H₅Cl

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.



Задание № 4

Условие:

Навеску некой природной аминокислоты X массой 74.5 г сожгли в стехиометрическом количестве кислорода. Продукты сгорания пропустили через трубку с фосфорным ангидридом, прирост массы которой составил 49.5 г, а затем — через избыток известковой воды. При этом выпал осадок массой 310 г, и осталось 5.6 л непрореагировавших газообразных продуктов, что в 13 раз меньше объёма всех газообразных продуктов сгорания после охлаждения до нормальных условий. При расчётах все входные данные округляйте до десятых.

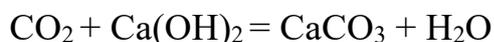
Запишите молекулярную формулу аминокислоты X.

Ответ: C₅H₁₁NO₂S

Точное совпадение ответа — 6 баллов

Решение.

Органическое соединение содержит углерод, водород, азот, кислород и, возможно, ещё какой-нибудь элемент. Так как смесь газов реагирует с известковой водой, то точно образуется углекислый газ.



$$n(H) = 2n(H_2O) = 2 \cdot 49.5/18 = 5.5 \text{ моль } m(H) = 5.5 \text{ г}$$

Непрореагировавший газ N₂

$$n(N_2) = 5.6/22.4 = 0.25 \text{ моль}$$

$$n(N) = 2n(N_2) = 0.5 \text{ моль}$$

$$m(N) = 7 \text{ г}$$

$$V(\text{газов}) = 5.6 \cdot 13 = 72.8 \text{ л}$$

$$n(\text{газов}) = 72.8/22.4 = 3.25 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = 3.25 - 0.25 \text{ моль} = 3 \text{ моль}$$

Если образовались только CO_2 и N_2 , то

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 310/100 = 3.1 \text{ моль},$$

что не соответствует условию. Следовательно, в составе аминокислоты есть сера. 3 моль — это общее количество углекислого и сернистого газов.

$$n(\text{SO}_2) = y$$

$$n(\text{CO}_2) = x$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 100x \text{ г}$$

$$m(\text{CaSO}_3) = 120y \text{ г}$$

$$x + y = 3$$

$$100x + 120y = 310$$

$$x = 2.5 \quad y = 0.5$$

$$n(\text{S}) = 0.5 \text{ моль} \quad m(\text{S}) = 16 \text{ г}$$

$$n(\text{C}) = 2.5 \text{ моль} \quad m(\text{C}) = 30 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = 74.5 - 30 - 16 - 5.5 - 7 = 16$$

$$n(\text{O}) = 16/16 = 1 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) : n(\text{N}) : n(\text{C}) : n(\text{O}) : n(\text{S})$$

$$5.5 : 0.5 : 2.5 : 1 : 0.5$$

$$11 : 1 : 5 : 2 : 1$$



Задание № 5

Условие:

При взаимодействии формальдегида и фенола образуется полимер, в котором число остатков формальдегида на 1 меньше, чем остатков фенола. К моменту, когда прореагировало 42.11 г фенола, образовалась вода массой 7.56 г.

Определите количество остатков фенола в молекуле образовавшегося полимера. При расчётах все данные округляйте до сотых.

Ответ: 16

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Уравнение реакции:



$$n(\text{H}_2\text{O}) = 7.56 / 18 = 0.420 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 42.11 \text{ г} / 94 = 0.448 \text{ моль}$$

$$(x - 1) / x = 0.420 / 0.448$$

$$x = 16$$

Ответ: 16

Задание № 6

Условие:

Установите соответствие между реагирующими веществами и механизмом реакции.

Ответ:

Бутин-1 + бромная вода	Электрофильное присоединение
Стирол + хлорметан в присутствии хлорида алюминия	Электрофильное замещение
Изобутан + азотная кислота	Радикальное замещение
Бутен-1 + бромоводород в присутствии перекиси	Радикальное присоединение

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

Задание № 7.1

Общее условие:

8.12 л аммиака (объём измерен при 30 °С и давлении 74.46 кПа) растворили в 300 мл 0.40 М раствора фосфорной кислоты (плотность 1.0173 г/мл). При расчётах все данные округляйте до сотых.

Условие:

Запишите формулу образовавшейся соли.

Ответ: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массовую долю этой соли в конечном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [5; 5.2]

Точное совпадение ответа — 3 балла

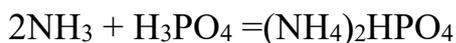
Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

$$n(\text{NH}_3) = PV / RT = 74.46 \cdot 8.12 / 8.314 \cdot 303 = 0.24 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.3 \cdot 0.4 = 0.12 \text{ моль}$$

$$n(\text{NH}_3) : n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.24 : 0.12 = 2 : 1$$



$$n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0.12 \text{ моль}$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 0.12 \cdot 132 = 15.84 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = 300 \cdot 1.0173 + 0.24 \cdot 17 = 309.27 \text{ г}$$

$$W((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 15.84 / 309.27 = 0.05 \text{ или } 5.19 \%$$

Задание № 7.2

Общее условие:

5.83 л аммиака (объём измерен при 35 °С и давлении 52.71 кПа) растворили в 400 мл 0.30 М раствора фосфорной кислоты (плотность 1.0173 г/мл). При расчётах все данные округляйте до сотых.

Условие:

Запишите формулу образовавшейся соли.

Ответ: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массовую долю этой соли в конечном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3; 3.4]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 7.1

Задание № 7.3

Общее условие:

5.67 л оксида серы (IV) (объём измерен при 30 °С и давлении 34.96 кПа) растворили в 400 мл 0.2 М раствора едкого натра (плотность 1.0191 г/мл). При расчётах все данные округляйте до сотых.

Условие:

Запишите формулу образовавшейся соли.

Ответ: NaHSO_3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массовую долю этой соли в конечном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2; 2.1]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 7.1

Задание № 7.4

Общее условие:

11.34 л оксида углерода (IV) (объём измерен при 25⁰С и давлении 17.48 кПа) растворили в 200 мл 0.4 М раствора едкого натра (плотность 1.0191 г/мл). При расчётах все данные округляйте до сотых.

Условие:

Запишите формулу образовавшейся соли.

Ответ: NaHCO₃

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массовую долю этой соли в конечном растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3; 3.3]

Точное совпадение ответа — 3 балла

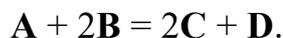
Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 7.1

Задание № 8

Условие:

В закрытом сосуде протекает химическая реакция:



До начала реакции молярная концентрация вещества **A** равнялась 10 моль/л, а вещества **C** — 0 моль/л. Через сколько секунд концентрации веществ **A** и **C** сравняются, если скорость образования вещества **C** составляет 0.1 моль/л · с (все вещества — газы, объём сосуда постоянный)? Скорость в процессе реакции считайте постоянной.

Ответ:

- 25
- 33
- 50
- 67

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Скорость образования вещества **C**:

$$r^C = 0.1 \text{ (моль/л} \cdot \text{с)}$$

Скорость убыли вещества **A** в два раза меньше:

$$r^A = 0.05 \text{ (моль/л} \cdot \text{с)}.$$

Концентрация вещества **A** через время t :

$$C(A) = C^0(A) - r^A \cdot t,$$

где $C^0(A)$ — начальная концентрация вещества **A**.

Концентрация вещества С через время t :

$$C(C) = C^0(C) + r^C \cdot t$$

$$C^0(A) - r^A \cdot t = v \cdot t.$$

$$10 - 0.05t = 0.1t.$$

$$t = 67 \text{ секунд.}$$

Задание № 9

Условие:

При каких действиях рН водного раствора увеличивается?

Ответ:

- Пропускание сероводорода через раствор сульфида натрия
- Растворение натрия в воде
- Поглощение хлороводорода водой
- Пропускание через раствор щелочи оксида серы (IV)

Точное совпадение ответа — 2 балла

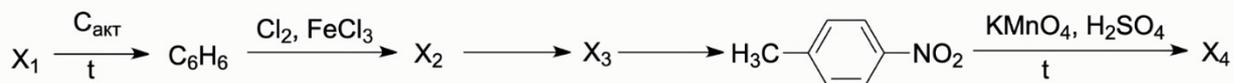
Решение.

При пропускании сероводорода через раствор сульфида натрия образуется кислая соль, рН уменьшается. При растворении натрия в воде образуется гидроксид натрия, и среда становится щелочной, соответственно, рН повышается. При поглощении хлороводорода водой образуется кислота, среда кислая, рН уменьшается. При пропускании оксида серы (IV) через раствор щёлочи образуется соль, количество щёлочи уменьшается, рН уменьшается.

Задание № 10

Условие:

Дана цепочка превращений:



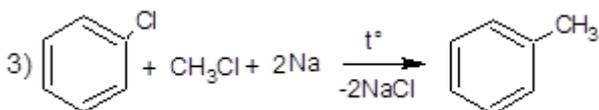
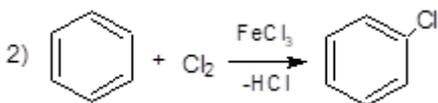
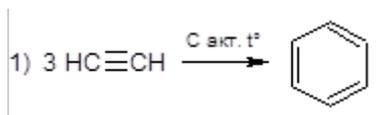
X_1, X_2, X_3, X_4 — органические вещества. Установите соответствие.

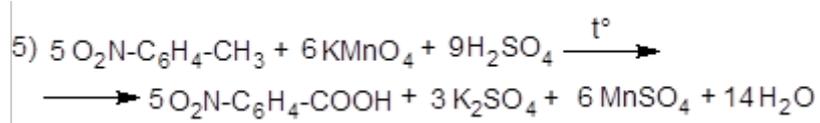
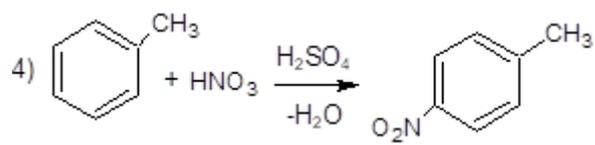
Ответ:

X_1	Этин
X_2	Хлорбензол
X_3	Толуол
X_4	п-Нитробензойная кислота
	п-Нитротолуол
	Этен
	Бензол
	Бензойная кислота
	п-Нитробензиловый спирт

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.





Задание № 11

Условие:

Расположите ароматические соединения по уменьшению реакционной способности в реакциях электрофильного замещения при нитровании.

Ответ:

- ✓ м-Этилтолуол
- ✓ Бензойная кислота
- ✓ м-Хлорбензойная кислота
- ✓ м-Метилбензойная кислота

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Введение заместителя в связанный с кислотным центром углеводородный радикал влияет на силу кислоты. Электроноакцепторные заместители увеличивают кислотность, а электронодонорные — уменьшают. Влияние электроноакцепторных заместителей связано с их способностью делокализовать отрицательный заряд и тем самым стабилизировать сопряжённое основание (анион). Влияние электронодонорных заместителей, напротив, приводит к дестабилизации аниона.

Электроноакцепторные заместители увеличивают силу алифатических и ароматических карбоновых кислот, электронодонорные заместители действуют в противоположном направлении.

м-Этилтолуол имеет две донорные группы, в м-метилбензойной кислоте метильная группа CH_3 является донором электронной плотности, в то время как в м-хлорбензойной кислоте хлор проявляет акцепторные свойства.

Задание № 12.1

Условие:

Однажды известный химик, создатель многих лекарств, Эмиль Фишер совершал прогулку. К нему подошел писатель Зудерман и сказал:

— Как я благодарен, ваше превосходительство, за ваш чудесный снотворный препарат веронал. Вы меня спасли. Причем мне даже не нужно принимать его, достаточно, чтобы веронал лежал на моем ночном столике!

— Странное совпадение, — с улыбкой ответил Фишер, — когда мне трудно уснуть, мне так помогает ваш роман! Причем мне даже не нужно читать его — достаточно видеть вашу прекрасную книгу на моем ночном столике!

Определите молекулярную формулу основного компонента лекарственного средства веронал — органического соединения, содержащего 15.22 % азота, 6.52 % водорода, 26.09 % кислорода по массе

Ответ: $C_8H_{12}N_2O_3$.

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

$$W(C) = 52.17 \%$$

n (C)	n (H)	n (O)	n (N)
52.17/12	6.52/1	26.09/16	15.22/14
4.35	6.52	1.63	1.09
4	6	1.5	1
8	12	3	2



Задание № 12.2

Условие:

До конца XIX века индиго получали из растений индигоноски. Недостаток индиго — дурной запах краски.

«Я далеко не сразу понял, — отмечает начинающий красильщик, взявшийся за индиго, — что разлившийся в воздухе тяжёлый отвратительный запах выгребной ямы исходит от гигантского чана с красителем, а не от засорившегося туалета».

Бродящая вайда настолько пахуча, что Елизавета I запретила её применение в радиусе 8 миль (12.9 километра) от своих резиденций.



Анализ индиго дает следующие результаты: 12.2 % кислорода, 73.3 % углерода и 10.7 % азота. Определение молекулярной массы дало величину в пределах 250–275.

Запишите молекулярную формулу индиго.

Ответ: $C_{16}H_{10}N_2O_2$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение по аналогии с заданием № 12.1