

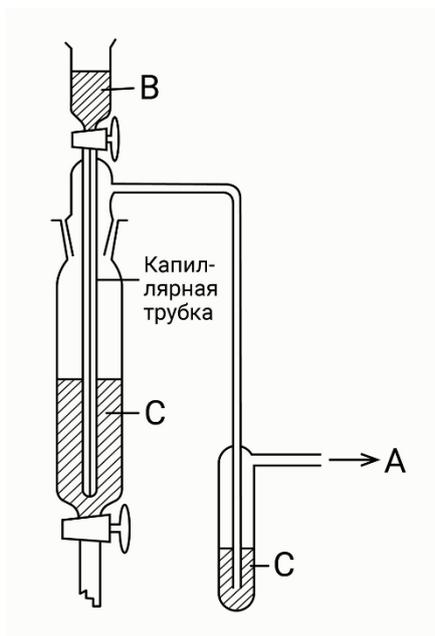
Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 10 класса

2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

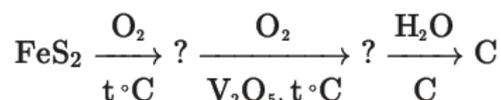
Общее условие:



Дан рисунок установки для получения газообразного вещества **А** из жидкостей **В** и **С**.

В делительную воронку наливают жидкость **С**, а из капельной воронки добавляют понемногу **В**, чтобы получить требуемую скорость потока газа **А**. Этот газ является бесцветным, имеет резкий запах. Он очень хорошо растворим в воде, при пропускании 350 литров (н.у.) **А** в 1000 мл дистиллированной воды можно получить 1330 мл жидкости **В** плотностью 1,18 г/мл.

Ниже указаны промышленные стадии получения жидкости **С**:



Условие:

Определите формулу вещества **А**.

Ответ: HCl

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите формулу основного компонента жидкости **С**.

Ответ: H₂SO₄

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Определите массу основного компонента С, которую можно получить из 120 г FeS_2 . Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 196

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

В результате растворения $n(\text{A}) = 350/22,4 = 15,63$ моль А в 1000 мл воды, образуется раствор массой $m = 1330 \cdot 1,18 = 1569,4$ г. Плотность воды с хорошей точностью равна 1 г/мл, поэтому $m(\text{A}) = 1569,4 - 1000 = 569,4$ г. Отсюда находим $M(\text{A}) = 569,4/15,63 = 36,4$ г/моль, что весьма неплохо сходится с молярной массой хлороводорода, поэтому $\text{A} = \text{HCl}$. При сгорании дисульфида железа (II) в токе кислорода образуется сернистый газ SO_2 , который при каталитическом окислении кислородом образует SO_3 . Затем, растворяя SO_3 в растворе серной кислоты получают концентрированную серную кислоту - жидкость С. Из 120 г FeS_2 (1 моль) можно получить 2 моль серной кислоты, то есть 196 грамм.

Задание № 2

Общее условие:

Хлорид серы S_2Cl_2 может быть получен взаимодействием простых веществ при нагревании. При взаимодействии этого хлорида с водой образуется очень мелкий взвешенный желтоватый осадок, а в растворе остаются оксид серы(IV) и соляная кислота.

Условие:

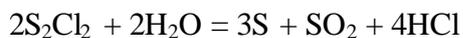
Чему равна сумма коэффициентов в упомянутой выше реакции гидролиза, если выбирать их наименьшими целыми числами?

Ответ: 12

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Под описание продуктов в данной реакции подходят сера, диоксид серы и хлороводород, следовательно нам известны реагенты и продукты, которые можно записать в следующую реакцию:



Задание № 3

Общее условие:

Механик нашёл в гараже 100 г раствора олеума с концентрацией свободного триоксида серы 10 % по массе и захотел приготовить аккумуляторный электролит.

Найдите массу 40 % раствора серной кислоты, который можно получить путём аккуратного добавления заданного количества олеума к холодной воде для получения аккумуляторного электролита. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Правильный ответ: принимается значение в интервале [253, 258]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

В 100 г олеума описанного состава содержится 10 г SO_3 и 90 г H_2SO_4 . При разбавлении водой SO_3 превратится в H_2SO_4 :



$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10/80 \cdot 98 = 12.25 \text{ г}$$

Это вместе с исходно содержащейся кислотой даёт 102.25 г серной кислоты, если её содержание равно 40 %, то масса раствора равна $m=102.25/0.4=255.6$ г, или 256 г при округлении до целых.

Задание № 4

Общее условие:

В 100 мл кипящей воды растворили 1 моль амида натрия NaNH_2 . Выделившийся газ собрали и выдержали над 10 г оксида меди (II) при нагревании, в результате чего образовалась смесь газов. Эту смесь газов после охлаждения пропустили через разбавленный раствор серной кислоты. Очищенный таким образом азот занял объём 800 мл при н.у.

Условие:

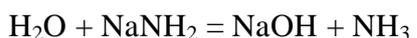
Рассчитайте выход реакции с оксидом меди(II). Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Правильный ответ: принимается значение в интервале [84; 88]

Точное совпадение ответа — 4 балла

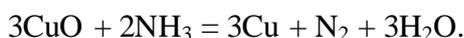
Решение.

Амид натрия взаимодействует с кипящей водой с образованием газообразного аммиака и гидроксида натрия



Вода в избытке, в кипящей воде аммиак растворяется сравнительно плохо, можно считать, что все количество амида переходит в газообразный аммиак (1 моль).

Полученный аммиак окисляется нагретым оксидом меди до азота:



Количество вещества оксида меди (II) $n(\text{CuO}) = m/M = 10/(63.5+16) = 0.126$ моль.

По уравнению реакции следует, что аммиак в избытке, теоретическое количество вещества азота равно $n(\text{N}_2) = 1/3 \cdot n(\text{CuO}) = 0.042$ моль.

Очистка полученного азота состоит в том, что аммиак, находящийся в избытке, связывается кислотой в соль:



Практическое количество вещества азота можно рассчитать через молярный объём газа при нормальных условиях $n(\text{N}_2)_{\text{прак}} = V/V_m = 0.8/22.4 = 0.036$ моль.

Выход равен $\eta = (0.036/0.042) \cdot 100 \% = 86 \%$.

Задание № 5

Общее условие:

По результатам экспериментов известно, что на открытом воздухе уголь сгорает быстрее на сильном морозе, нежели чем в жаркую погоду.

Условие:

Выберите утверждения, которые описывают такой результат эксперимента:

Варианты ответов:

- Реакция экзотермичная, следовательно, по принципу Ле-Шателье, скорость реакции повышается при понижении температуры
- Реакция эндотермичная, следовательно, по принципу Ле-Шателье, скорость реакции повышается при понижении температуры
- На морозе ниже температура, следовательно, по уравнению Менделеева-Клапейрона плотность газов при постоянном давлении выше, скорость реакции повышается
- На морозе ниже температура, следовательно, по уравнению Менделеева-Клапейрона плотность газов при постоянном давлении ниже, скорость реакции повышается

Ответ:

- На морозе ниже температура, следовательно, по уравнению Менделеева-Клапейрона плотность газов при постоянном давлении выше, скорость реакции повышается

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Задача про скорость химических реакций, следовательно, утверждение должно касаться скорости. Первые два утверждения про экзо- и эндотермичность реакции опираются на принцип Ле-Шателье. Этот принцип относится к положению равновесия, но никак не к скорости прихода к равновесию, поэтому эти утверждения можно отбросить.

Далее идут два утверждения об изменении плотности газов при изменении температуры, они ближе к сути явления, потому что при изменении плотности газа изменяются концентрации газов, а это напрямую связано со скоростью реакции: чем больше кислорода поступает в зону горения, тем больше скорость реакции с кислородом.

Осталось оценить, что же происходит при понижении температуры с плотностью газа.

$$\rho = m/V = nM/V = PVM/(RTV) = PM/(RT)$$

Давление P примерно постоянное, равно 1 атм, молярная масса M воздуха не меняется, R постоянная, а T на морозе уменьшается. Следовательно, плотность повышается и скорость реакции должна возрасти.

Задание № 6

Общее условие:

Основным компонентом минерала гематит является красно-бурый оксид **A** с $\omega(\text{O}) = 30,00\%$. Оксид **A** растворили в соляной кислоте, а полученный раствор упарили в результате чего получили буро-оранжевые кристаллы вещества **B** ($\omega(\text{O}) = 35,49\%$). В результате нагревания до 275°C 10,0 г вещества **B** образуется коричневое вещество **C** массой 3,97 г. При пропускании газа, образующегося в ходе разложения **B** через раствор нитрата серебра выпадает белый творожистый осадок **D** массой 10,61 г.

Условие:

Определите формулы веществ **A – D**.

A	B	C	D
От	От	От	От

Ответы: формула **A** — Fe_2O_3 , формула **B** — $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, формула **C** — FeOCl , формула **D** — AgCl

Точное совпадение ответа (формула A) — 1.5 балла.

За каждый правильный ответ (формулы B – D) — 1 балл.

Максимальный балл — 4.5

Решение.

Рассчитаем молярную массу оксида **A**: $M(\text{A}) = 16n/0,3 = 53,33n$, где n — число атомов кислорода в формульной единице **A**. В свою очередь формулу **A** можно представить в виде $\text{Э}2\text{O}_n$. Тогда $M(\text{A}) = 2M(\text{Э}) + 16n = 53,33n \Rightarrow 2M(\text{Э}) = 37,33n$. При $n = 3$ получаем $M(\text{Э}) = 56$ г/моль, что соответствует железу, поэтому $\text{A} = \text{Fe}_2\text{O}_3$. Оксид железа (III) растворяется в соляной кислоте с образованием хлорида: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$, однако при упаривании раствора образуется кристаллогидрат $\text{FeCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Судя по условию задачи в ходе разложения кристаллогидрата произошло отщепление хлороводорода (гидролиз), при пропускании которого через раствор нитрата серебра образовался осадок хлорида серебра: $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} = \text{AgCl} + \text{HNO}_3$. $n(\text{AgCl}) = 10,61/143,5 = 0,07394$ моль. Так как $m(\text{HCl}) = 0,07394 \cdot 36,5 = 2,7$ г, а суммарная потерянная масса при прокаливании равна $10 - 3,97 = 6,03$ г, то $m(\text{H}_2\text{O}) = 6,03 - 2,7 = 3,33$ г. Затем можно ещё раз воспользоваться

данными о хлороводороде. $n(\text{H}_2\text{O}) = 3.33/18 = 0.185$ моль, таким образом мольное соотношение $\text{HCl}:\text{H}_2\text{O} = 1:2,5 = 2:5$ и уравнение реакции прокаливания выглядит следующим образом: $\text{FeCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} = \text{FeOCl} \cdot (x-6)\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} + 5\text{H}_2\text{O}$, очевидно, что $x = 6$ и $\text{B} = \text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{C} = \text{FeOCl}$, $\text{D} = \text{AgCl}$.

Задание № 7

Общее условие:

Химик, запомни как оду – лей кислоту в воду

Юному химику Мише стало интересно проверить на собственном опыте, как сильно разогревается раствор при разбавлении серной кислоты дистиллированной водой.

Для этого он поместил 100 г воды в стакан с термометром и взял 10 г 98 % серной кислоты в другом стакане с термометром. Он дождался установления постоянной температуры обеих жидкостей (20 °С).

После этого Миша быстро, но аккуратно, при перемешивании, влил кислоту в воду и заметил после этого, как выросла температура раствора до 36.8 °С.

Условие:

Найдите тепловой эффект процесса растворения кислоты. Ответ выразите в кДж/моль, округлите до целых. Удельную теплоёмкость раствора примите равной теплоёмкости чистой воды 4.2 Дж/(г*К)

Ответ: принимается значение в интервале [75; 80]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Масса раствора равна сумме масс $m(\text{р-ра}) = 110$ г.

Количество теплоты, необходимое для нагрева раствора:

$$Q = cm\Delta T = 4.2 * 110 * (36.8 - 20) = 7.76 \text{ кДж.}$$

Количество вещества серной кислоты можно посчитать через массу концентрированной кислоты и массовую долю $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = w * m = 9.8$ г. $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m / m = 0.1$ моль.

Тепловой эффект растворения 1 моль серной кислоты $\Delta Q = Q / n = 77.6$ кДж/моль, что при округлении дает 78 кДж/моль.

Задание № 8

Общее условие:

Изменение цвета — один из признаков протекания химической реакции, зачастую приятный глазу.

Условие:

Соотнесите уравнения реакций с изменениями окраски веществ.

Примечание. Все растворимые в воде вещества взяты в виде разбавленных водных растворов.

Первый столбец:	Второй столбец:
○ $\text{CuSO}_4 + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	○ Голубой в тёмно-синий
○ $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{HCl} = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$	○ Жёлтый в оранжевый
○ $2\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{KOH} =$ $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	○ Фиолетовый в зелёный
○ $3\text{KI} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{KI}_3 + 2\text{KOH} + \text{O}_2$	○ Бесцветный в коричневый
○ $\text{KI}_3 + \text{крахмал} = \text{KI} + \text{I}_2 \cdot \text{крахмал}$	○ Фиолетовый в бесцветный
○ $2\text{KMnO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$ $2\text{MnO}_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH}$	○ Коричневый в тёмно-синий
○ $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ (при нагревании)	○ Фиолетовый в бурый
	○ Голубой в чёрный

Ответ:

Первый столбец:	Второй столбец:
○ $\text{CuSO}_4 + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	○ Голубой в тёмно-синий
○ $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{HCl} = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$	○ Жёлтый в оранжевый
○ $2\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + 2\text{KOH} =$ $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	○ Фиолетовый в зелёный
○ $3\text{KI} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{KI}_3 + 2\text{KOH} + \text{O}_2$	○ Бесцветный в коричневый
○ $\text{KI}_3 + \text{крахмал} = \text{KI} + \text{I}_2 \cdot \text{крахмал}$	○ Фиолетовый в бесцветный
○ $2\text{KMnO}_4 + 3\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$ $2\text{MnO}_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH}$	○ Коричневый в тёмно-синий
○ $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ (при нагревании)	○ Фиолетовый в бурый
	○ Голубой в чёрный

По 0.5 баллов за каждую верную пару

Максимальный балл за задание — 3.5 балла

Решение.

Как следует из окраски соединений:

Голубой сульфат меди(II) переходит в тёмно-синий аммиачный комплекс.

Жёлтый дихромат в кислой среде превращается в оранжевый дихромат.

В щелочной среде при восстановлении перманганат превращается в зелёный манганат.

Йодид при окислении даёт коричневый трийодид.

Трийодид в свою очередь реагирует с крахмалом с образованием синего клатратного комплекса.

Фиолетовый перманганат в нейтральной среде восстанавливается до бурого осадка оксида марганца(IV).

Голубой гидроксид меди(II) при нагревании превращается в чёрный оксид.

Задание № 9

Общее условие:

Титрование — метод количественного анализа, основанный на измерении объема раствора реактива известной концентрации (титранга), расходуемого для реакции с точным объемом исследуемого раствора. Изменение цвета титруемого раствора в присутствии индикатора свидетельствует о полном протекании реакции — вещество из аликвоты полностью прореагировало с веществом из титранга.

Условие:

Заполните пропуски в таблице **цифрами**, соответствующими веществам из списка, при условии, что каждая цифра встречается 1 раз:

Исследуемый раствор	Титрант	Индикатор
HCl	<input type="text"/>	Фенолфталеин
<input type="text"/>	HCl	Метилораж
<input type="text"/>	KMnO ₄	Без индикатора
I ₂	<input type="text"/>	Крахмал
CaCl ₂	Трилон Б	<input type="text"/>

Варианты ответа:

1. NaHCO₃
2. Na₂C₂O₄
3. Na₂S₂O₃
4. NaOH
5. Эриохром черный Т

Ответ:

Исследуемый раствор	Титрант	Индикатор
HCl	4	Фенолфталеин
1	HCl	Метилоранж
2	KMnO ₄	Без индикатора
I ₂	3	Крахмал
CaCl ₂	Трилон Б	5

За каждый правильный ответ — 0.5 балла

Максимальный балл за задание — 2.5 балла

Решение.

Какие пары титрант – анализируемое вещество реально используются с перечисленными индикаторами?

Соляная кислота с фенолфталеином — это набор на сильное основание, в данном случае NaOH.

Соляная кислота с метилоранжем — это набор на сильное основание, в данном случае NaOH гидрокарбонат натрия.

Зашифрованы две окислительно-восстановительные реакции, йод обычно титруют с тиосульфатом натрия, а оксалат – перманганатом.

Условие:

Рассчитайте массу вещества трилона Б, использованную для одного титрования, если:

1. брутто-формула трилона Б (динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты) — C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈;
2. независимо от валентности металла 1 молекула трилона реагирует с одним катионом металла, в чём и заключается ценность этого титранта для аналитической химии;
3. концентрация 10.0 мл аликвоты CaCl₂ была определена и составила 0.0800 моль/л.

В ответе напишите массу трилона Б в граммах с точностью до сотых.

Ответ: принимается значение в интервале [0.26; 0.27]

Точное совпадение ответа — 2.5 балла

Решение:

$$M(C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8) = 336 \text{ г/моль}$$

По условию, на один моль соли металла в реакцию вступает 1 моль трилона Б

$$n(C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8) = n(CaCl_2) = V(CaCl_2) \cdot C(CaCl_2) = 8.00 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

Далее осталось посчитать массу

$$m(C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8) = n(C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8) \cdot M(C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8) = 0.269 \text{ г}$$

Максимальный балл за задание — 5

Задание № 10

Общее условие:

В результате хлорирования метана образовалось 2.31 г соединения с плотностью паров по воздуху равной 5,31.

Условие:

Рассчитайте массу перманганата калия, который потребовался для получения хлора по реакции с соляной кислотой, если соотношение объёмов метана и хлора, введенных в реакцию, составило 1 к 12. Ответ выразите в граммах, округлите до сотых.

Ответ: принимается значение в интервале [11; 12]

Точное совпадение ответа — 5 баллов

Решение.

В результате хлорирования метана продуктами реакции могут являться HCl , CH_3Cl , CH_2Cl_2 , CHCl_3 , CCl_4 . Рассчитаем молярную массу продукта: $M = 5.31 \cdot 29 = 154$ г/моль, что соответствует четырёххлористому углероду CCl_4 . $n(\text{CH}_4) = n(\text{CCl}_4) = 2.31/154 = 0.015$ моль. По условию задачи $n(\text{Cl}_2) = 12n(\text{CH}_4) = 0.18$ моль. Запишем реакцию получения хлора: $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 5\text{Cl}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$. По уравнению реакции $n(\text{KMnO}_4) = (\frac{2}{5}) \cdot n(\text{Cl}_2) = 0.072$ моль. Тогда $m(\text{KMnO}_4) = 0.072 \cdot 158 = 11.38$ г.

Задание № 11

Общее условие:

Твёрдую смесь веществ **A** и **B** (в веществе **B** $\omega(\text{O}) = 58,3\%$, $\omega(\text{C}) = 37,5\%$) часто используют для приготовления домашнего лимонада и в шипучих таблетках. Оба этих вещества можно найти на любой домашней кухне. **A** в промышленности синтезируют пропуская углекислого газа через концентрированный раствор хлорида натрия насыщенный аммиаком. **B** в промышленности получают в основном с помощью ферментации различных гидролизатов. Синтетически вещество **B** впервые было получено из доступного глицерина.

Условие:

Запишите молярную массу **A**. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 84

Условие:

Запишите молярную массу **B**. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 192

За каждый верный ответ — по 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

В условии задачи описывается промышленный способ получения (метод Сольве) пищевой соды $\text{A} = \text{NaHCO}_3$: $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$. **B** является лимонной кислотой и используя массовую долю кислорода в ней можно рассчитать ее молярную массу: $M = 16n/0,5833 = 27,43n$. Молярная масса принимает целое значение при $n = 7$, поэтому $M = 192$ г/моль.

Задание № 12

Условие:

Впервые физиологическое действие «моногидрата трихлорэтаналя» (далее — вещества **X**) с было описано в XIX веке. По сей день оно используется в медицине и рекомендовано ВОЗ для использования в анестезии. Интересно, что **X** — одно из органических соединений, существование которых противоречит правилу Эрленмейера о нестабильности соединений с двумя гидроксигруппами при одном атоме углерода. Определите формулу вещества **X**, укажите вариант ответа с правильным названием вещества **X** по ИЮПАК.

Варианты ответов:

- 2,2,1 - трихлорэтандиол-1,1
- 2,2,1 - трихлорэтандиол-1,2
- 2,2,2 - трихлорэтандиол-1,1

Ответ:

- 2,2,2 - трихлорэтандиол-1,1

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Судя по предложенным ответам вещество **X** содержит в своём составе три атома хлора: $M(X) = 35,5 \cdot 3 / 0,6435 = 165,5$ г/моль. Также, по ответам и по условию задачи очевидно, что **X** содержит 2 атома кислорода и два атома углерода. Отсюда получаем формулу $X = C_2H_3Cl_3O_2$. По условию задачиданное соединение должно содержать обе гидроксигруппы при одном атоме углерода, поэтому следует выбирать из ответов А и С. Однако, существование соединения с гидроксигруппой и хлором при одном атоме углерода невозможно вследствие возможности внутримолекулярного замещения (образуется альдегид), поэтому верный ответ — 2,2,2 - трихлорэтандиол-1,1