Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в 2026/27 учебном году
9 класс

I уровень

1. В химической лаборатории и в повседневной жизни возможны случаи поражения организма едкими веществами. Прежде чем обратиться к врачу, пострадавшему необходимо оказать первую помощь. Представьте:

а) в глаз попал раствор щелочи;

б) на кожу попала кислота из автомобильного аккумулятора;

в) в рот или желудочно-кишечный тракт попала кислота.

1) Что вы предпримете? Напишите ответ для каждого случая и подтвердите Ваши действия уравнениями реакций.

2) Где в человеческом организме встречается кислая среда?

3) Какие вещества и в каком количестве необходимо взять, чтобы приготовить для аптечки неотложной помощи в кабинете химии 100 г 3%-ного раствора соды (Na_2CO_3)?

Ответ.

1) а) Промыть глаз струей чистой воды, затем нейтрализовать раствор щелочи 1 – 3%-ным раствором борной кислоты

$NaOH + H_3BO_3 = NaBO_2 + 2H_2O$ или $3H_2O + 2NaOH + 4H_3BO_3 = Na_2B_4O_7{\cdot}10H_2O$ (3 балла)

б) Промыть пораженное место проточной водой и нейтрализовать остатки кислоты 1 – 3%-ным раствором питьевой соды

$H_2SO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

$H_2SO_4 + 2NaHCO_3 = Na_2SO_4 + 2CO_2 + 2H_2O$ (3 балла)

в) Для нейтрализации попавшей в рот кислоты нужно воспользоваться раствором питьевой соды

$HCl + NaHCO_3 = NaCl + CO_2 + H_2O$ (3 балла)

2) Кислая среда в человеческом организме находится в желудке – соляная кислота, в органеллах некоторых клеток, цитоплазма некоторых клеток, поверхность кожи человека. (3 балла)

3) Составим пропорцию:

100 г – 100%

x г – 3%, x = 100·3/100 = 3 г соды необходимо взять. $m(H_2O)$ = 100 – 3 г = 97 г воды.

Итак, для приготовления раствора необходимо взять 97 г воды и 3 г соды. (3 балла)

15 баллов

2. Сульфид железа (II) массой 8,8 г подвергли обжигу, получив оксид железа (III) и газ **А**.

1) Напишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронного баланса.

Газ **А**, образовавшийся при обжиге, пропустили через 500 мл 3%-ного раствора гидроксида бария (плотность раствора 1,04 г/мл).

2) Определите массу образовавшегося осадка и массовые доли веществ в образовавшемся растворе в процентах с округлением до сотых.

Ответ.

1) $FeS + O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2$

$Fe^{+2} - 1\bar{e} \rightarrow Fe^{+3}$ | 4

$S^{-2} - 6\bar{e} \rightarrow S^{+4}$ | 4

$O_2 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2}$ | 7

$4FeS + 7O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 4SO_2$ (5 баллов)

2) Газ **А** – SO_2,

$\nu(FeS) = 8{,}8/88 = 0{,}1$ моль $= \nu(SO_2)$

$m(SO_2) = 64{\cdot}0{,}1 = 6{,}4$ г

$m(Ba(OH)_2) = 500{\cdot}1{,}04{\cdot}0{,}03 = 26$ г

$\nu(Ba(OH)_2) = 15{,}6/171 = 0{,}0912$ моль

ν, моль	$Ba(OH)_2$	+	SO_2	→	$BaSO_3$	+	H_2O
$\nu_{исх}$	0,0912		0,1		0		
$\nu_{реаг}$	0,0912		0,0912		0,0912		
$\nu_{кон}$	0		0,0088		0,0912		

(3 балла)

ν, моль	$BaSO_3$	+	SO_2	+	H_2O	→	$Ba(HSO_3)_2$
$\nu_{исх}$	0,0912		0,0088				0
$\nu_{реаг}$	0,0088		0,0088				0,0088
$\nu_{кон}$	0,0824		0				0,0088

Масса нерастворившегося осадка – $m(BaSO_3)_{ост} = 0{,}0824{\cdot}217 = 17{,}8808$ г.

$m(Ba(HSO_3)_2) = 0{,}0088{\cdot}299 = 2{,}6312$ г.

$m(р\text{-}ра) = 500{\cdot}1{,}04 + 6{,}4 - 17{,}8808 = 508{,}5192$ г

$\omega(Ba(HSO_3)_2) = 2{,}6312/508{,}5192 = 0{,}0052$ (0,52%) (7 баллов)

15 баллов

II уровень

3. Дан набор веществ Cl_2O, O_2, Al_2O_3, ZnF_2, HI.

1. Укажите, какие температуры плавления из представленного перечня, соответствуют каждому из перечисленных веществ: 2044, –218,35, –50,8, 872, –120,6°C.

2. В каких из перечисленных веществ реализуется ионная связь, а в каких – ковалентная? Для веществ с ковалентной связью составьте электронно-точечные формулы молекул.

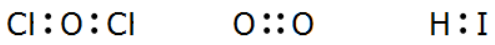
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия HI (газообразного или водного раствора) с теми из перечисленных веществ, с которыми возможно взаимодействие.

Ответ.

1. (5 баллов)

Cl_2O	O_2	Al_2O_3	ZnF_2	HI
–120,6°C	–218,35°C	2044°C	872°C	–50,8°C

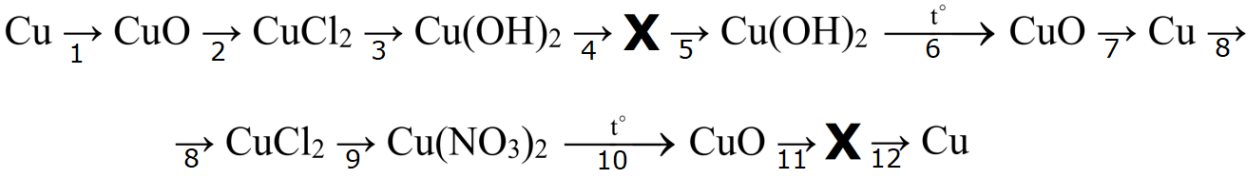
2. (5 баллов)



3. $2HI + Cl_2O \rightarrow I_2 + Cl_2 + H_2O$
$4HI + O_2 \rightarrow 2I_2 + 2H_2O$
$6HI + Al_2O_3 \rightarrow 2AlI_3 + 3H_2O$ (10 баллов)

20 баллов

4. Дана цепочка превращений:



1) Расшифруйте вещество **X** (его формулы нет в представленной цепочке).

2) Напишите и уравняйте 12 уравнений химических реакций, с помощью которых можно осуществить приведенную цепочку превращений, приняв во внимание, что каждой стрелке (стадии) соответствует одна реакция. Обратите внимание, что превращение $Cu \rightarrow CuCl_2$ протекает в водном растворе.

3) Для реакций в водных растворах приведите сокращенные ионные уравнения (приведите их под номерами, соответствующими номерам реакций в схеме).

Ответ.

1) Вещество **X** – $CuSO_4$ (могут быть и другие варианты) (2 балла)

2) Уравнения химических реакций:

2.1) $2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$

2.2) $CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$
$CuO + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + H_2O$

2.3) $CuCl_2 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + NaCl$
$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow$

2.4) $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2H_2O$
$Cu(OH)_2 + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + 2H_2O$

2.5) $CuSO_4 + 2KOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + K_2SO_4$
$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow$

2.6) $Cu(OH)_2 \rightarrow CuO + H_2O$

2.7) $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$

2.8) $Cu + 2FeCl_3 \rightarrow CuCl_2 + 2FeCl_2$
$Cu + 2Fe^{3+} \rightarrow Cu^{2+} + 2Fe^{2+}$

2.9) $CuCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Cu(NO_3)_2$
$Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl\downarrow$

2.10) $2Cu(NO_3)_2 \rightarrow 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$

2.11) $CuO + H_2SO_4(p) \rightarrow CuSO_4 + H_2O$
$CuO + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + H_2O$

2.12) $CuSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Cu\downarrow$
$Cu^{2+} + Zn \rightarrow Zn^{2+} + Cu$ (12 баллов, по 1 баллу за реакцию)

3. 2.2) $CuO + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + H_2O$

2.3) $Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow$

2.4) $Cu(OH)_2 + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + 2H_2O$

2.5) $Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow$

2.8) $Cu + 2Fe^{3+} \rightarrow Cu^{2+} + 2Fe^{2+}$

2.9) $Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl\downarrow$

2.11) $CuO + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + H_2O$

2.12) $Cu^{2+} + Zn \rightarrow Zn^{2+} + Cu$ (6 баллов – 0,75 балла за реакцию)

20 баллов

III уровень

5. При нагревании в течение длительного времени смеси концентрированной соляной кислоты и хлората калия (бертолетовой соли) получили 134,4 л ядовитого газа **А** (н.у.) и твердый остаток, который растворили в воде, а затем к полученному раствору добавили избыток раствора нитрата серебра. При этом выпало 287 г осадка **Б**.

1) Расшифруйте **А** и **Б**, напишите и уравняйте приведенное в тексте уравнение реакции методом электронного баланса.

2) Определите массу хлората калия в исходной смеси.

3) При взаимодействии 7,84 л (н.у.) **А** с избытком водорода выделилось 64,61 кДж теплоты. Напишите термохимическое уравнение реакции. Рассчитайте значение теплоты образования продукта взаимодействия **А** с водородом (в кДж/моль).

4) Почему **А** получают в промышленности преимущественно путем электролиза, а не применяют химические реакции? Напишите уравнения реакций получения **А** электролизом и уравняйте их методом электронного баланса.

Ответ.

1) $KClO_3$ (т) + HCl (конц.) → KCl + $Cl_2\uparrow$ + $H_2O\uparrow$

$2Cl^{-1} - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^0$ | 5

$2Cl^{+5} + 10\bar{e} \rightarrow Cl_2^0$ | 1

$2KClO_3$ (т) + 12HCl (конц.) → 2KCl + $6Cl_2\uparrow$ + $6H_2O\uparrow$

$KClO_3$ (т) + 6HCl (конц.) → KCl + $3Cl_2\uparrow$ + $3H_2O\uparrow$ (10 баллов)

2) 245 г. (5 баллов)

3) $\nu(Cl_2)$ = 7,84/22,4 = 0,35 моль.

0,35 – 64,61

1 – x, откуда x = 184,6

Термохимическое уравнение реакции $H_{2\,(г)} + Cl_{2\,(г)} = 2HCl_{\,(г)}$ + 184,6 кДж

Теплота образования HCl рассчитывается на 1 моль HCl: 184,6/2 = 92,3 кДж/моль. (10 баллов)

4) В промышленности хлор получают преимущественно методом электролиза, потому что этот способ значительно эффективнее и экономичнее для крупномасштабного производства по сравнению с химическими методами.

Почему электролиз выгоднее

1. Масштабируемость и непрерывность. Электролизеры можно проектировать для постоянной работы в течение длительного времени, тогда как химические реакции часто требуют периодического запуска, остановки и тщательного контроля на каждом этапе. Это критично для непрерывного промышленного производства.

2. Контроль над процессом. При электролизе можно точно регулировать условия (концентрацию раствора, плотность тока, температуру), чтобы максимизировать выход целевого продукта (хлора) и минимизировать побочные реакции. Химические методы, как правило, менее гибки в этом отношении.

3. Побочные продукты как выгода. При электролизе раствора хлорида натрия (рассола) одновременно с хлором образуются важные промышленные продукты — водород и гидроксид натрия (каустическая сода). Их можно и часто выгодно извлекать и продавать, что повышает общую рентабельность процесса. В химических методах побочные продукты обычно не используются так же эффективно.

4. Энергоэффективность. Несмотря на то, что электролиз требует значительных затрат электроэнергии, общий баланс для промышленного производства часто оказывается выгоднее за счёт одновременного получения нескольких ценных веществ и возможности непрерывной работы.

Почему химические методы менее подходят для промышленности

Химические способы получения хлора, которые часто используются в лабораториях (реакции соляной кислоты с окислителями вроде MnO_2, $KMnO_4$, $KClO_3$), имеют ряд существенных ограничений для масштабного производства:

Ограниченная масштабируемость. Эти реакции сложно адаптировать для непрерывного выпуска больших объёмов продукта.

Высокие ресурсные затраты. Часто требуются дорогие или дефицитные реагенты, экстремальные условия (высокая температура, давление), а также сложная система очистки продукта от примесей.

Экологические риски. Многие химические процессы сопровождаются выделением вредных веществ или образованием опасных отходов.

Нестабильность и побочные реакции. В реальных условиях химические реакции нередко идут не до конца или дают смесь продуктов, что усложняет очистку и снижает выход хлора.

Исторический пример — процесс Дикона, который заключался в каталитическом окислении хлороводорода кислородом воздуха ($4HCl + O_2 \rightarrow 2Cl_2 + 2H_2O$) с использованием хлорида меди (II) в качестве катализатора при высокой температуре. Этот метод давал около 80% от теоретически возможного выхода хлора, но был вытеснен электролизом из-за меньшей эффективности и большей сложности.

Вывод

Таким образом, электролиз оказывается предпочтительным методом для промышленности благодаря своей способности обеспечивать непрерывное, контролируемое и экономически выгодное производство больших объёмов хлора с возможностью утилизации сопутствующих веществ. Химические методы же остаются инструментом для лабораторных экспериментов, где требования к масштабу и гибкости процесса совершенно иные.

$NaCl \rightarrow Na + Cl_2\uparrow$

$2Cl^{-1} - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^0$ | 1

$Na^{+1} + 1\bar{e} \rightarrow Na^0$ | 2

$2NaCl$ (ж) $\xrightarrow{-(\text{электролиз})}$ 2Na (катод) + $Cl_2\uparrow$ (анод)

$2NaCl$ (р) $\xrightarrow{-(\text{электролиз на Hg-катоде})}$ 2Na (катод) + $Cl_2\uparrow$ (анод)

$NaCl + H_2O \rightarrow H_2\uparrow + Cl_2\uparrow + NaOH$

$2Cl^{-1} - 2\bar{e} \rightarrow Cl_2^0$ | 1

$2H^{+1} + 2\bar{e} \rightarrow H_2^0$ | 1

$2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{-(\text{электролиз})} H_2\uparrow$ (катод) + $Cl_2\uparrow$ (анод) + 2NaOH

(5 баллов) ***30 баллов***