

Варианты решений и оценка задач
Муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по
химии
2019-2020 учебный год
9 класс
Максимальный балл - 50 баллов

Задание 9.1 (максимум 10 баллов)

В XVIII веке в соответствии с теорией А. Лавуазье химики считали, что общие свойства кислот связаны с содержанием в них кислорода, т.е. была принята кислородная теория кислот. В соответствии с данной теорией, в муриевой кислоте (историческое название), проявляющей признаки кислот (изменение окраски индикаторов, взаимодействии с металлами и др.), тоже должен присутствовать кислород. С целью проверки теории Жозеф Луи Гей-Люссак провёл серию опытов. Он пропускал пары муриевой кислоты через раскалённый уголёк, предполагая, что кислород образует с углеродом оксид, но так и не получил данный продукт. Следовательно, в муриевой кислоте кислорода нет, и теория Лавуазье не подтвердилась.

- 1) Докажите, что в составе муриевой кислоты нет кислорода, установив её молекулярную формулу, если массовые доли элементов в ней составляют: Cl – 97,26%; H – 2,74%. Относительная плотность паров кислоты по водороду равна 18,25. Дайте название кислоте.
- 2) Напишите возможные реакции получения соляной кислоты в лаборатории, указав условия их протекания.
- 3) Напишите уравнения реакций данной кислоты с: железом, оксидом ртути (II), гидроксидом алюминия, карбонатом калия. Назовите продукты реакции.

Критерии оценивания:

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Записана общая формула искомого вещества: H_xCl_y	1 балл
2	Определены соотношения моль элементов и определена простейшая (эмпирическая формула) кислоты: $x : y = 2,74/1 : 97,26/35,5 = 2,74 : 2,74 = 1 : 1$ Простейшая формула кислоты: H_xCl_y	2 балла
3	Рассчитана молярная масса кислоты и определена истинная формула кислоты: $M(к-ты) = 18,25 \cdot 2 = 36,5$ г/моль. Истинная формула – HCl. Это – соляная кислота.	1 балл
4	Записаны уравнения химических реакций получения соляной кислоты в лаборатории: $NaCl_{(тв.)} + H_2SO_{4(конц.)} \xrightarrow{\text{слабнагр}} NaHSO_4 + HCl \uparrow$ $2NaCl_{(тв.)} + H_2SO_{4(конц.)} \xrightarrow{\text{сильнонагр}} Na_2SO_4 + 2HCl \uparrow$ (Возможно использование любого хлорида). Полученный хлороводород растворяют в воде, получая соляную кислоту (соляная кислота – это раствор хлороводорода в воде)	3 балла
5	Записаны уравнения реакций, подтверждающие химические свойства соляной кислоты: $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$ <small>хлорид железа (II)</small> $HgO + 2HCl = HgCl_2 + H_2O$ <small>хлорид ртути (II)</small> $Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$ <small>хлорид алюминия</small>	3 балла (за каждое правильно составленное уравнение по 0,5 балла, за название продуктов по 0,5 баллов)

	$\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{KCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">хлорид оксид калия углерода (IV)</p>	
	Итого	10 баллов

Задание 9.2 (максимум **20** баллов)

Через трубку, заполненную оксидом меди (II) массой 4,8 г пропустили при нагревании смесь аммиака с водородом объёмом 672 мл (н.у.). Вещество, образовавшееся в трубке, обработали 14 мл 14,6%-ного раствора соляной кислоты ($\rho = 1,07$ г/мл). Оставшаяся в растворе кислота может прореагировать с 20 мл 0,5 М раствора карбоната калия. Рассчитайте массовые доли газов в исходной смеси. Критерии оценивания:

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Записаны уравнения химических реакций: $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 = 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ (1) $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ (2) $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (3) $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{KCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (4)	4 балла
2	Рассчитано количество вещества хлороводорода в исходном растворе: $n(\text{HCl}_{\text{общее}}) = (14 \cdot 1,07) \cdot 0,146/36,5 = 0,06$ моль	2 балла
3	Рассчитано количество вещества карбоната калия: $n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,5 \cdot 0,02 = 0,01$ моль	1 балл
4	Рассчитано количество вещества (HCl), вступившее в реакцию с карбонатом калия: $n(\text{HCl в р-ии с K}_2\text{CO}_3) = 2n(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,02$ моль	1 балл
5	Рассчитано количество вещества (HCl), вступившее в реакцию с избытком CuO: $n(\text{HCl в р-ии с изб. CuO}) = 0,06 - 0,02 = 0,04$ моль	1 балл
6	Рассчитано количество вещества CuO, вступившее в реакцию со смесью газов: $n(\text{CuO исх.}) = 4,8 / 80 = 0,06$ моль $n(\text{CuO на р-цию с HCl}) = 0,04/2 = 0,02$ моль $n(\text{CuO на р-ции с газами}) = 0,06 - 0,02 = 0,04$ моль	3 балла
7	Рассчитано количество вещества CuO и газов по уравнениям 1 и 2: Пусть количество вещества NH_3 в исходной смеси равно x моль, а водорода y моль. $n(\text{смеси газов}) = 0,672 / 22,4 = 0,03$ моль; отсюда: $x + y = 0,03$ $n(\text{CuO по ур 1}) = 1,5x$ моль $n(\text{CuO по ур 2}) = y$ моль, отсюда: $1,5x + y = 0,04$	2 балла
8	Составлена система уравнений: $\begin{cases} x + y = 0,03 \\ 1,5x + y = 0,04 \end{cases}$	2 балла
9	Решена система уравнений $x = 0,02$ моль; $y = 0,01$ моль	2 балла
10	Рассчитаны массовые доли газов в исходной смеси:	2 балла

	$m(\text{NH}_3) = 0,02 \cdot 17 = 0,34 \text{ г}$ $m(\text{H}_2) = 0,01 \cdot 2 = 0,02 \text{ г}$ $m(\text{смеси газов}) = 0,34 + 0,02 = 0,36 \text{ г}$ $\omega(\text{NH}_3) = 0,34/0,36 = 0,944$, или 94,4 % $\omega(\text{H}_2) = 0,02/0,36 = 0,555$, или 5,6 %	
	Итого	20 баллов
	Возможное решение пунктов 8-9:	
	$n(\text{смеси газов}) = 0,672 / 22,4 = 0,03 \text{ моль};$ пусть $n(\text{NH}_3) = x \text{ моль}$, тогда $n(\text{H}_2) = (0,03 - x) \text{ моль}$ $n(\text{CuO по ур 1}) = 1,5 x \text{ моль},$ $n(\text{CuO по ур 2}) = (0,03 - x) \text{ моль}$ отсюда, $1,5 x + 0,03 - x = 0,04$ $x = 0,02$ $n(\text{NH}_3) = 0,02 \text{ моль}; n(\text{H}_2) = 0,01 \text{ моль}$	

Внимание! Задача может быть решена разными способами. Не следует снижать оценку, если задача решена оригинальным способом.

Задание 9.3 (максимум 10 баллов)

К 5%-ному раствору гидроксида натрия прилили 5%-ный раствор серной кислоты до полной нейтрализации. Определите массовую долю сульфата натрия в полученном растворе.

Критерии оценивания:

№ п/п	Содержание ответа	Баллы
1	Записано уравнение химической реакции: $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
2	Принимаем массу раствора гидроксида натрия за 100г. Отсюда, $n(\text{NaOH}) = 100 \cdot 0,05/40 = 0,125 \text{ моль}$	2 балла
3	Рассчитано количество вещества серной кислоты: $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1/2 n(\text{NaOH}) = 0,0625 \text{ моль}$	1 балл
4	Найдена масса раствора серной кислоты: $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0625 \cdot 98 = 6,125 \text{ г}$ $m(\text{р-ра H}_2\text{SO}_4) = 6,125/0,05 = 122,5 \text{ г}$	2 балла
5	Найдена масса полученного раствора: $100 + 122,5 = 222,5 \text{ г}$	1 балл
6	Найдена масса сульфата натрия: $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0625 \text{ моль}$ $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,0625 \cdot 142 = 8,875 \text{ г}$	2 балла
7	Найдена массовая доля сульфата натрия в полученном растворе: $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 8,875/222,5 = 0,0399$, или 3,99%	1 балл
	Итого	10 баллов
Другой способ решения		
1	Записано уравнение химической реакции: $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1 балл
2	Принимаем массу раствора серной кислоты за 100 г. Отсюда, $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 0,05/98 = 0,051 \text{ моль}$	2 балла
3	Рассчитано количество вещества гидроксида натрия: $n(\text{NaOH}) = 2 n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,102 \text{ моль}$	1 балл

4	Найдена масса раствора гидроксида натрия: $m(\text{NaOH}) = 0,102 \cdot 40 = 4,08 \text{ г}$ $m(\text{р-ра NaOH}) = 4,08/0,05 = 81,6 \text{ г}$	2 балла
5	Найдена масса полученного раствора: $100 + 81,6 = 181,6 \text{ г}$	1 балл
6	Найдена масса сульфата натрия: $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,051 \text{ моль}$ $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,051 \cdot 14 = 7,242 \text{ г}$	2 балла
7	Найдена массовая доля сульфата натрия в полученном растворе: $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 7,242/181,6 = 0,0399$, или 3,99%	1 балл
Итого		10 баллов

Критерии оценивания:

Задание 9.4 (максимум 10 баллов)

Смесь бромидов алюминия, стронция, меди (II) массой 110,08 г растворили в воде. К раствору добавили избыток раствора сульфата натрия. В результате реакции выпал осадок массой 27,61 г. Раствор профильтровали и в фильтрат добавили избыток раствора гидроксида натрия. Выпал осадок массой 22,54 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси. Критерии оценивания:

1	Написаны уравнения реакций $\text{SrBr}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{SrSO}_4 + 2\text{NaBr}$ $\text{AlBr}_3 + 4\text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{NaBr}$ $\text{CuBr}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NaBr}$	3 балла
2	Рассчитана масса бромида стронция в смеси и его массовая доля: При добавлении избытка раствора сульфата натрия выпадает в осадок только сульфат стронция. $n(\text{SrSO}_4) = 27,61 \text{ г} : 184 \text{ г/моль} = 0,15 \text{ моль}$ $n(\text{SrSO}_4) = n(\text{SrBr}_2) = 0,15 \text{ моль}$ $m(\text{SrBr}_2) = 0,15 \text{ моль} \cdot 248 \text{ г/моль} = 37,2 \text{ г}$ $\omega(\text{SrBr}_2) = 37,2 \text{ г} : 110,08 \text{ г} \cdot 100\% = 33,79\%$	3 балла
3	Рассчитана масса бромида меди (II) в смеси и его массовая доля: В фильтрате находятся бромиды алюминия и меди (II). При добавлении к раствору бромидов алюминия, меди (II) избытка раствора гидроксида натрия выпадает в осадок только гидроксид меди (II). $n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 22,54 \text{ г} : 98 \text{ г/моль} = 0,23 \text{ моль}$ $n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = n(\text{CuBr}_2) = 0,23 \text{ моль}$ $m(\text{CuBr}_2) = 0,23 \text{ моль} \cdot 224 \text{ г/моль} = 51,52 \text{ г}$ $\omega(\text{CuBr}_2) = 51,52 \text{ г} : 110,08 \text{ г} \cdot 100\% = 46,80 \%$	3 балла
4	Найдена массовая доля бромида алюминия в исходной смеси: $\omega(\text{AlBr}_3) = 100 - 33,79 - 46,80 = 19,41\%$	1 балл
Итого		10 баллов

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.