

Приступая к выполнению заданий, вы подтверждаете, что профиль и класс в заданиях соответствует сведениям, указанным вами при регистрации.

Время выполнения заданий – 240 минут

Максимальное количество баллов – 100.

Напоминание: вычисления в расчетных задачах необходимо вести с точностью приведенных в условии значений

Задача 1. Смесь двух твердых простых веществ массой 4,56 г разделили на три равные части. Одну часть обработали избытком соляной кислоты. При этом было получено 0,896 л газа (н.у.) и осталось 0,56 г твердого вещества. Вторую часть смеси обработали избытком 10% раствора гидроксида натрия. При этом также выделилось 0,896 л газа (н.у.), но масса нерастворимого остатка составила 0,96 г. Третью часть смеси нагрели до 700°C без доступа воздуха и выдержали при этой температуре некоторое время. В результате было получено индивидуальное вещество, которое полностью растворилось в соляной кислоте с выделением 0,448 л (н.у.) газа. Полученный газ собрали в закрытый сосуд, содержащий 1,0 л (н.у.) кислорода. Газ полностью прореагировал с кислородом. По окончании реакции (и после охлаждения) оказалось, что давление в сосуде значительно снизилось (по сравнению с давлением до введения неизвестного газа).

- 1) Определите простые вещества, из которых состояла твердая смесь.
 - 2) Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
 - 3) Рассчитайте состав смеси в % по массе.
 - 4) Определите во сколько раз снизилось давление в сосуде (давление оба раза измеряли при одинаковой температуре, твердые и жидкие вещества не учитывайте).
- Приведите необходимые рассуждения и расчеты.

Задача 2. Пустой сосуд, изготовленный из железа, объемом 64,0 л взвесили, затем ввели в него некоторое количество оксида углерода(II). Сосуд герметично закрыли, и при 25°C в нем установилось давление 193,66 кПа. После этого сосуд нагрели до 180°C и выдержали при этой температуре пока в системе не установилось равновесие. Давление в сосуде при 180°C составило 241,27 кПа. Затем сосуд охладили, из него полностью удалили содержимое, и пустой сосуд взвесили. Оказалось, что его масса уменьшилась по сравнению с первоначальной.

- 1) Почему уменьшилась масса железного сосуда?
 - 2) Определите, на сколько граммов она уменьшилась.
- Приведите необходимые рассуждения и расчеты. Универсальную газовую постоянную считайте равной 8,314 Дж/(моль К). Отклонение поведения газов от идеальности не учитывайте.

Задача 3. Сплав трех металлов X, Y и Z (массой 10,0 г) полностью сожгли в избытке кислорода. Продукты реакции смешали с избытком твердого гидроксида калия и прокалили при высокой температуре, после чего продукты охладили и растворили в достаточном количестве воды, получив прозрачный раствор. К полученному раствору постепенно добавляли разбавленную соляную кислоту. При этом из раствора выпал студенистый осадок вещества А. По окончании выпадения осадка его отделили и прокалили при 600°C. При этом было получено бинарное соединение Б массой 1,96 г, содержащее 78,77% металла X в степени окисления +4. В раствор, полученный после

отделения осадка **A**, пропустили сероводород, в результате чего был получен осадок **B**. По окончании выпадения осадка его также отделили и провели обжиг в избытке кислорода, при этом образовалось 2,91 г вещества **Г** — бинарного соединения, содержащего металл **У** и 17,29% кислорода. Раствор, оставшийся после отделения осадков **A** и **B**, подвергли электролизу, который продолжали до полного восстановления оставшегося металла **Z** на катоде. В ходе восстановления на аноде выделилось 2,92 л хлора.

- 1) Определите металлы **X**, **У**, **Z** и вещества **A–Г**.
- 2) Напишите уравнения всех упомянутых химических реакций.
- 3) Рассчитайте содержание каждого металла в сплаве в процентах по массе. Приведите необходимые рассуждения и расчеты.
- 4) Предложите варианты применения этого сплава.

Задача 4. Метод определения азота по Кьельдалю был разработан в 1883 году в химической лаборатории датской пивоваренной компании Карлсберг, где Йохан Кьельдаль занимался исследованием процессов брожения. Спустя несколько лет методика определения азота по Кьельдалю была опубликована в научных журналах Германии и Франции, и получила широкое распространение. Она активно применяется по сей день.

Самой продолжительной и трудоемкой стадией анализа является перевод исходного вещества в раствор, что осуществляют при нагревании пробы с серной кислотой в присутствии катализатора (сульфата меди, сульфата ртути) до полного разложения органического вещества. Смесь, полученную при разложении, обрабатывают избытком концентрированной щелочи, и газообразный продукт отгоняют в другую колбу, которая содержит известное количество сильной кислоты. По окончании реакции проводят титрование кислоты гидроксидом натрия.

- 1) В какой форме находится азот после разложения пробы?
- 2) Напишите уравнения реакций, которые прошли в колбе, в которую собрали газ.
- 3) Пригоден ли данный метод для определения суммарного содержания азота в органической молекуле, вне зависимости от того, в какой форме он находится? В каких случаях азот нельзя определить этим методом?

В эксперименте использовали пробу органического вещества массой 4,0 г. После разложения пробы и обработки раствора щелочью газ собрали в колбе, содержащей 50,00 мл раствора серной кислоты с концентрацией 0,11 моль/л. На последующее титрование (по описанной выше методике) потребовалось 8,12 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,12 моль/л.

- 4) Рассчитайте содержание азота в пробе в % по массе.
- 5) Метод Кьельдаля, в частности применяют для определения содержания белка в продуктах. Для пересчета массовой доли азота в массовую долю белка часто используют среднее содержание азота в белке — 16%. Считая, что проба вещества в п. 4 представляла собой пищевой продукт, рассчитайте содержание в нем белка в % по массе.

Задача 5. Вещество **A** образуется в результате реакции бензальдегида с малоновой кислотой при нагревании в пиридине, одновременно в реакции образуется диоксид углерода. При гидрировании 2,96 г вещества **A** водородом в присутствии платинового катализатора получается вещество **Б**, при этом поглощается 448 мл (н.у.) водорода. При нагревании **Б** в присутствии полифосфорной кислоты можно получить продукт **В** с брутто-формулой C_9H_8O . Помимо **В**, образуются два изомерных побочных продукта **Г1** и **Г2** (содержащие 76,6% С и 6,38% Н), причем чем больше концентрация вещества **Б** в реакционном растворе, тем больше выход побочных продуктов. В сильно разбавленном растворе можно избежать их образования. Вещества **Г1** и **Г2** обладают кислотными

свойствами: на титрование 1,41 г любого из них требуется 50 мл раствора КОН с концентрацией 0,1 моль/л.

- 1) Определите вещества **А**, **Б**, **В**, **Г1** и **Г2**. Изобразите их структурные формулы. Приведите необходимые расчеты и пояснения.
- 2) Объясните, почему выход **Г1** и **Г2** повышается с повышением концентрации исходного вещества.
- 3) Напишите уравнения упомянутых реакций.
- 4) Предложите другой способ синтеза вещества **А** (из доступных органических веществ, в одну или несколько стадий).

Задача 6. В современном авиастроении и электронике металлы все чаще заменяют уникальными органическими веществами. Одно из таких веществ **Х** обладает исключительной стойкостью — не реагирует с кислотами и щелочами, не поддерживает горение, и не растворяется ни в одном известном растворителе при нагревании до 200 °С. Само вещество **Х** является отличным диэлектриком, но при добавлении небольшого количества специальных примесей (допантов), его электропроводность возрастает на несколько порядков, что позволяет использовать его в гибкой электронике. В настоящее время производство **Х** активно осваивается в России.

В промышленности вещество **Х** получают, нагревая 1,4-дихлорбензол с бинарным соединением — солью **У**. Единственным побочным продуктом этой реакции является NaCl. Для полного сгорания навески **Х** массой 1,08 г в чистом кислороде в присутствии катализатора требуется 2,72 г кислорода. В результате образуется только 2,64 г бесцветного газа и 1,16 г тяжелой бесцветной жидкости.

- 1) Определите вещества **Х** и **У**. Изобразите структурную формулу **Х**. Приведите необходимые расчеты.
- 2) Напишите уравнения упомянутых реакций.
- 3) Если вместо 1,4-дихлорбензола взять 1,2-дихлорбензол, то в реакции с солью **У** получится вещество с хорошей растворимостью. Какое строение может иметь это вещество?

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

	1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1,008																		2 He 4,0026
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122												5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180
3	11 Na 22,990	12 Mg 24,305												13 Al 26,982	14 Si 28,086	15 P 30,974	16 S 32,066	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948
4	19 K 39,098	20 Ca 40,078	21 Sc 44,956		22 Ti 47,867	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 55,845	27 Co 58,933	28 Ni 58,693	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,922	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,468	38 Sr 87,62	39 Y 88,906		40 Zr 91,224	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc 98,906	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,91	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57 La 138,91	*	72 Hf 178,49	73 Ta 180,9	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,20	83 Bi 208,98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	**	104 Rf [265]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [270]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [280]	112 Cn [285]	113 Nh [284]	114 Fl [289]	115 Mc [288]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]

*	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm [145]	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,04	71 Lu 174,97
**	90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,029	93 Np [237]	94 Pu [242]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

анион катион	OH ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻	C ₂ O ₄ ²⁻
H ⁺		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
NH ₄ ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P
Li ⁺	P	P	M	P	P	P	P	P	P	M	P	M	P	P
Na ⁺ , K ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag ⁺	–	P	P	H	H	H	H	H	M	H	–	H	P	H
Mg ²⁺	H	P	H	P	P	P	–	M	P	M	M	H	P	M
Ca ²⁺	M	P	H	P	P	P	–	H	M	H	H	H	P	H
Ba ²⁺	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P	H
Mn ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P	M
Fe ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P	M
Co ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P	H
Cu ²⁺	H	P	P	P	P	–	H	–	P	–	–	H	P	H
Zn ²⁺	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P	H
Pb ²⁺	H	P	M	M	M	M	H	H	H	H	H	H	P	H
Hg ²⁺	–	P	–	P	M	H	H	–	P	–	–	–	P	H
Fe ³⁺	H	P	P	P	P	–	–	–	P	–	–	H	P	–
Al ³⁺	H	P	P	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P	H
Cr ³⁺	H	P	P	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P	–

Р: растворимо, **М:** малорастворимо (< 0,1 М), **Н:** нерастворимо (< 10⁻³ М), **–:** не образуется в водном растворе либо данные отсутствуют