

Десятый класс

Задача 10-1

При обжиге минерала **А** на воздухе образуются эквимольные количества газа **Б** (плотностью по гелию 16) и чёрно-серого порошка **В**, содержащего элемент **Х** (реакция 1). Растворение порошка **В** в серной кислоте с последующим упариванием раствора приводит к образованию зелёного кристаллического вещества **Г**, содержащего 20,89 % элемента **Х** (реакция 2). Если к раствору **Г** добавить раствор NaOH, образуется ярко окрашенный осадок **Д** (реакция 3), который в избытке раствора аммиака растворяется с образованием катиона **Е** (реакция 4). Катион **Е** может быть осаждён в виде галогенида **Ж** (реакция 5), например под действием крепкого раствора галогенида калия **З** (массовая доля галогена 67,14 %). Кристаллическое фиолетовое соединение **Ж** содержит 18,30 % элемента **Х** и при осторожном нагревании превращается в жёлто-коричневое бинарное кристаллическое соединение **И** (реакция 6), растворяющееся в воде с образованием зелёного раствора.

1. Определите элемент **Х** и соединения **А–И**. Ответ обоснуйте. Состав **Б**, **Г**, **Ж**, **З** подтвердите расчётом.
2. Запишите уравнения реакций описанных превращений.
3. Изобразите строение катиона **Е**.

Задача 10-2

Дана смесь простых веществ **А**, **Б** и **В**, образованных элементами одной группы периодической системы Д. И. Менделеева. Для определения состава смеси проделаны следующие опыты:

Опыт 1

Навеску смеси тонких порошков **А**, **Б** и **В** массой 0,7210 г высыпали в концентрированный раствор NaOH на воздухе и нагрели. В результате выделился бесцветный лёгкий газ **Г**, образовался *раствор 1* и осталось не растворившееся вещество **В** массой 0,5180 г (*реакции 1 и 2*).

Опыт 2

Осадок вещества **В** отфильтровали, отмыли от щёлочи и высушили, после чего его растворили в 30%-ном растворе азотной кислоты. При этом выделился газ **Д** с плотностью по водороду 14,88, и образовался *раствор 2* (*реакция 3*).

Опыт 3

Раствор 2 упарили почти досуха и твёрдый остаток растворили в воде. К полученному

раствору добавили раствор сульфида калия. Из раствора выпал чёрный осадок вещества **Е** (реакция 4) массой 0,5982 г. При отжиге **Е** на воздухе при 470 °С выделяется газ **Ж** и образуется оранжевое вещество **З** массой 0,5713 г (реакция 5).

Опыт 4

Раствор 1 осторожно нейтрализовали кислотой (реакции 6–7), полученный осадок отделили и обработали концентрированной соляной кислотой осадок частично растворился (реакция 8), а нерастворившийся остаток отделили от раствора 3 и прокалили (реакция 9). Масса полученного вещества **И** составила 0,1803 г.

Опыт 5

Через раствор 3 пропустили ток сероводорода (реакция 10), выпавший коричневый осадок **К** отделили, промыли, высушили и взвесили (масса – 0,1828 г).

Вопросы

1) Определите вещества **А–К**. Приведите ваши рассуждения и расчёты. Учтите, что без обоснования ответ на этот вопрос не считается верным.

2) Напишите уравнения реакций 1–10.

3) Определите массовые доли **А**, **Б** и **В** в исходной навеске.

4) При сплавлении натрия с **В** образуется сплав **Х**, содержащий 94,04 % **В**, из раствора **Х** в этилендиамина в присутствии 2,2,2-cript (см. рисунок) можно выделить красные кристаллы ионного соединения **У**. В таблице приведён состав **У**:

Na	В	С	N	H
2,506 %	56,459 %	23,564 %	3,053 %	3,955 %

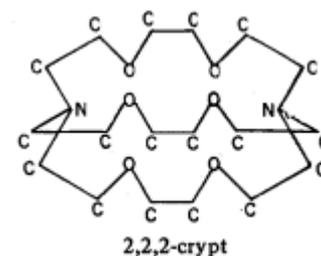
Рассчитайте состав **У**.

5) Известно, что в состав аниона **У** входят атомы только одного сорта, предложите его строение, ответ обоснуйте.

ВНИМАНИЕ: при расчётах относительные атомные массы необходимо брать с точностью до третьего знака после запятой!

Задача 10-3

Газообразное при н. у. вещество **А** окисляется при нагревании на платино-родиевом катализаторе с образованием бесцветного газа **Б** (реакция 1), который мгновенно превращается на воздухе в газ **В** бурого цвета (реакция 2). При температуре ниже 135 °С часть молекул газа **В** попарно соединяется в димеры **Г** (реакция 3), причём чем ниже



температура, тем менее интенсивной становится окраска газа. Уже при температуре 25 °С и давлении 1 атм. мольное соотношение **Г/В** в равновесной смеси составляет 2,16/1. Плотность такой смеси по воздуху равна 2,67. При охлаждении смеси **В** и **Г** ниже 21,1 °С она почти полностью обесцвечивается и превращается в неокрашенную жидкость, состоящую из молекул **Г** (иногда слегка желтоватую из-за примеси молекул **В**).

1. Вычислите мольные доли газов **В** и **Г** в равновесной смеси при температуре 25 °С и общем давлении 1 атм., а также константу равновесия димеризации **В** в этих условиях.

2. По данным, приведённым в условии задачи, рассчитайте молекулярную массу газа **В**. К какому классу реакций по знаку теплового эффекта (эндо- или экзотермическим) следует отнести реакцию димеризации **В**? Обоснуйте свой ответ.

При сжигании **А** в кислороде образуются только вода и газ **Д** (реакция 4), являющийся одним из основных компонентов воздуха. Водный раствор **А** окрашивает лакмусовую бумагу в синий цвет.

3. Приведите формулы и названия веществ **А–Д**, напишите уравнения реакций 1–4.

4. Нормальное атмосферное давление при 0 °С составляет 101,325 кПа. Рассчитайте парциальное давление газа **Д** в кПа в сухом воздухе в этих условиях.

Смесь веществ **Б** и **В** при охлаждении ниже –36 °С реагирует с образованием неустойчивой синей жидкости **Е** (реакция 5). Для получения смеси **Б** и **В** нужного состава в лаборатории используют реакцию 50%-ного водного раствора кислоты **Ж** с крахмалом $(C_6H_{10}O_5)_n$ (реакция 6).

Для получения вещества **З**, использующегося как удобрение, в промышленности проводят реакцию между **А** и **Ж** (реакция 7). Нагревание **З** до 245 °С приводит к выделению газа **И** (реакция 8).

5. Напишите уравнения реакций 5–8, изобразите структурные формулы веществ **Е–И**.

Задача 10-4

Эквимольную (1 : 1) смесь двух углеводородов **А** и **В** нагревали под давлением в присутствии платинового катализатора до тех пор, пока состав смеси не перестал изменяться (реакция 1). Продукты реакции охладили до комнатной температуры. При этом образовалось только 2 вещества: жидкость **Х** (продукт многотоннажного промышленного производства) и газ **У**. Как **Х**, так и **У** не окисляются $KMnO_4$ даже в жёстких условиях. **Х** можно получить из

В в одну стадию (*реакция 2*). **В** используется для газовой сварки и резки металлов и получается в промышленности при пиролизе метана (*реакция 3*). Окисление исходной смеси двух углеводородов избытком перманганата калия в серной кислоте при нагревании (*реакции 4, 5*) приводит к единственному органическому продукту **Z**, не содержащему третичных атомов углерода. На нейтрализацию 2.19 г **Z** требуется 3.75 г раствора NaOH с массовой долей 32 %.

X в реакции с хлороформом, CHCl_3 (*реакция 6*) в присутствии хлорида алюминия даёт красное окрашивание; продуктом, однако, является бесцветный твёрдый углеводород **C**. При действии на **C** металлического натрия выделяется водород и образуется соль красного цвета (соединение **D**) (*реакция 7*), которая при добавлении водного раствора хлорида аммония превращается обратно в **C** (*реакция 8*). Окисление **D** действием $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ даёт стабильный радикал **E** (*реакция 9*), открытый Гомбергом в 1900 г. Этот радикал имеет жёлтый цвет и сосуществует в химическом равновесии с бесцветным димером **F**, имеющим 9 типов атомов водорода (*реакция 10*).

1. Напишите структурные формулы **A–F**, **X**, **Y**, **Z** и уравнения указанных реакций.
2. Напишите, как будет меняться интенсивность окраски равновесной смеси **E** и **F** при увеличении давления при постоянной температуре. Поясните свой ответ.

Задача 10-5

Свет и разрыв связей

Свет – один из источников энергии для химических превращений. Энергия светового излучения обратно пропорциональна длине волны. Свет с длиной волны 1 см имеет энергию 12.0 Дж/моль.

1. Какие из перечисленных ниже двухатомных молекул могут распадаться на атомы под действием видимого излучения (длина волны от 400 до 700 нм)? Ответ подтвердите расчётом.

Молекула	H_2	O_2	Br_2	I_2	HBr
Энергия связи, кДж/моль	436	497	193	151	366

2. Озон защищает землю от части УФ излучения, поглощая его в стратосфере и разлагаясь на две частицы. Напишите уравнение реакции и оцените длину волны света (в нм), поглощаемого озоном.

Молекула	O ₂	H ₂ O ₂
Энергия связи ОО, кДж/моль	497	146

3. Свет вызывает цис-транс-изомеризацию алкенов, реакция происходит с разрывом π -связи. Оцените максимальную длину волны света (в нм), который может привести к изомеризации.

Связь	C–C	C=C	C–H	C–F	C–Br
Энергия связи, кДж/моль	348	612	412	484	276

4. Одно из самых опасных для озонового слоя веществ – хладагент Галон-1301, CBrF₃. Предположите, какие частицы могут образоваться при облучении этого вещества светом с длиной волны: а) 500 нм; б) 300 нм; в) 200 нм? Ответы подтвердите расчётами.

Приложения к Требованиям

Приложение 1

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 22,9897	12 Mg 24,3050												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 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,867	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,845	27 Co 58,9332	28 Ni 58,6934	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 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc 98,9063	44 Ru 101,07	45 Rh 102,9055	46 Pd 106,42	47 Ag 107,868	48 Cd 112,411	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,905	54 Xe 131,29	
6	55 Cs 132,9054	56 Ba 137,327	57 La 138,9055	* 72 Hf 178,49	73 Ta 180,9479	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,217	78 Pt 195,078	79 Au 196,966	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	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	114 Fl [289]	115	116 Lv [293]	117	118	

*	58 Ce 140,116	59 Pr 140,90765	60 Nd 144,24	61 Pm [145]	62 Sm 150,36	63 Eu 151,964	64 Gd 157,25	65 Tb 158,92534	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93421	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
**	90 Th 232,0381	91 Pa 231,03588	92 U 238,0289	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]

Приложение 2

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⁻	SiO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻
H ⁺		P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH ₄ ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P
K ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag ⁺	–	P	P	H	H	H	H	H	M	H	–	H	M
Ba ²⁺	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P
Ca ²⁺	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg ²⁺	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn ²⁺	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Cu ²⁺	H	P	P	P	P	–	H	H	P	–	–	H	P
Co ²⁺	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Hg ²⁺	–	P	–	P	M	H	H	–	P	–	–	H	P
Pb ²⁺	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe ²⁺	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe ³⁺	H	P	H	P	P	–	–	–	P	–	–	H	P
Al ³⁺	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	M
Cr ³⁺	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P
Sn ²⁺	H	P	H	P	P	M	H	–	P	–	–	H	P
Mn ²⁺	H	P	H	P	P	H	H	H	P	H	H	H	P

P – растворимо M – малорастворимо (< 0,1 М) H – нерастворимо (< 10⁻⁴ М) – – не существует или разлагается водой