

**Министерство образования и науки РТ
Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2011–2012 гг.
Задания**

Авторы заданий: Седов И.А., Зиганшин М.А., Гатиатулин А.К., Зиганшина
С.А., Герасимов А.В.

Основные требования к проведению

1. **Каждый участник** должен получить в распечатанном виде лист(ы) с заданиями для своего класса.
2. Никто из участников не должен получить или видеть **задания другого класса** или решать задания одновременно за несколько классов.
3. **Каждый участник** должен получить в распечатанном виде таблицы Менделеева и растворимости, приведенные в этом файле ниже. **Запрещено** пользоваться принесенной с собой таблицей Менделеева и таблицей растворимости.
4. **Каждый участник** должен иметь при себе калькулятор. Организаторам желательно иметь несколько запасных калькуляторов и предоставлять их на время олимпиады по просьбе участников.
5. Участникам во время олимпиады **запрещается** пользоваться телефонами, компьютерами, книгами и тетрадями с записями.
6. На решение задач всем участникам **вне зависимости от времени начала олимпиады** должно быть дано 4 астрономических часа (например, начало в 10.23 – окончание в 14.23). После окончания этого времени участники должны сдать свои работы в течение пяти минут.

Раздается каждому участнику

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	ОН ⁻	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 ⁺		Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р
NH ₄ ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р
K ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Na ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Ag ⁺	–	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	–	Н	М
Ba ²⁺	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Р
Ca ²⁺	М	Р	Н	Р	Р	Р	М	Н	М	Н	Н	Н	Р
Mg ²⁺	Н	Р	М	Р	Р	Р	М	Н	Р	Н	Н	Н	Р
Zn ²⁺	Н	Р	М	Р	Р	Р	Н	Н	Р	Н	–	Н	Р
Cu ²⁺	Н	Р	Р	Р	Р	–	Н	Н	Р	–	–	Н	Р
Co ²⁺	Н	Р	Н	Р	Р	Р	Н	Н	Р	Н	–	Н	Р
Hg ²⁺	–	Р	–	Р	М	Н	Н	–	Р	–	–	Н	Р
Pb ²⁺	Н	Р	Н	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Р
Fe ²⁺	Н	Р	М	Р	Р	Р	Н	Н	Р	Н	Н	Н	Р
Fe ³⁺	Н	Р	Н	Р	Р	–	–	–	Р	–	–	Н	Р
Al ³⁺	Н	Р	М	Р	Р	Р	–	–	Р	–	–	Н	М
Cr ³⁺	Н	Р	М	Р	Р	Р	–	–	Р	–	–	Н	Р
Sn ²⁺	Н	Р	Н	Р	Р	М	Н	–	Р	–	–	Н	Р
Mn ²⁺	Н	Р	Н	Р	Р	Н	Н	Н	Р	Н	Н	Н	Р

Р – растворимо М – малорастворимо (< 0,1 М) Н – нерастворимо (< 10⁻⁴ М) – – не существует или разлагается водой

Раздается каждому участнику

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																	
3	11 Na 22,9897	12 Mg 24,3050																	
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]							

*	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 164,93032	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]

8 класс

Задача 1.

Водный раствор серной кислоты содержит 30% серной кислоты по массе и имеет плотность 1,219 г/мл.

1. Рассчитайте концентрацию серной кислоты в молях на литр раствора.
2. Рассчитайте мольные доли молекул серной кислоты и воды в растворе.

Задача 2.

Найдите три идущих подряд в периодической системе химических элемента **X**, **Y** и **Z** (**X** – с наименьшим порядковым номером, **Z** – с наибольшим, например, **X** – водород, **Y** – гелий, **Z** – литий), отвечающих следующему условию:

- а) при комнатной температуре **X** – твердое вещество, **Y** – жидкость, **Z** – газ;
- б) **X** имеет стабильный изотоп, а **Y** и **Z** не имеют стабильных изотопов;
- в) **X** может реагировать с большинством элементов, в том числе со входящими в одну подгруппу с элементом **Y**, **Y** не реагирует ни с одним элементом, **Z** легко реагирует с большинством неметаллов;
- г) наивысшие возможные степени окисления: для **X** +4, для **Y** +5, для **Z** +2;
- д) элемент **X** открыт французом, **Y** – немцем, а соединения элемента **Z** использовались в качестве отравы для крыс.

(В ответе для каждого из пунктов а) – д) должно быть указано по одной тройке элементов).

Задача 3.

Перманганат калия можно синтезировать по следующей методике. Сплавляют 40 г гидроксида калия и 20 г хлората калия KClO_3 . В расплав вносят 40 г MnO_2 при перемешивании и нагревают до 500-600°C, а затем охлаждают. Полученную смесь, содержащую, помимо целевого продукта, хлорид калия и избыток щелочи, растворяют в воде при нагревании, пропуская диоксид углерода для нейтрализации избытка щелочи. Раствор фильтруют, упаривают до начала кристаллизации перманганата калия и оставляют кристаллизаться. Полученные кристаллы промывают водой на фильтре и сушат на воздухе.

1. Какое из исходных веществ является окислителем, а какое восстановителем?
2. Запишите уравнение реакции синтеза перманганата калия.
3. Рассчитайте, сколько граммов перманганата калия можно теоретически получить по данной методике.

Задача 4.

Первые воздушные шары были наполнены нагретым воздухом и назывались монгольфьерами по фамилии их изобретателей братьев Монгольфье. Вскоре после их первых полетов другой изобретатель Шарль создал воздушные шары, наполненные водородом, которые стали называться шарльерами.

1. Какую максимальную массу груза может поднять монгольфьер объемом 1500 м^3 ? А шарьер такого же объема?

Примите, что температура воздуха внутри монгольфьера составляет 100°C , а температура окружающей среды и температура внутри шарьера равны 0°C . Плотность воздуха при 100°C составляет $0,946 \text{ г/л}$, при 0°C $1,29 \text{ г/л}$. Пренебрегите массой корзины и оболочки шара.

2. Какой газ используется в современных разновидностях шарьеров?

3. Изобретатель Розье погиб, испытывая розьер – шар, имеющий одновременно два отсека – с нагретым воздухом и водородом. Чем опасен розьер?

9 класс

Задача 1.

Твердый остаток при обжиге пирита (железного колчедана) в зависимости от условий обжига может содержать вещества **I** (содержит 72,4% железа по массе), **II** (69,9% железа) и **III** (63,5% железа).

1. Установите формулы веществ **I-III**.
2. Рассчитайте минимальную возможную массу огарка при обжиге 1 т чистого пирита. Какой объем при 800 °С и атмосферном давлении займет в этом случае газообразный продукт обжига?

Задача 2.

При сжигании 0,150 г соединения углерода с водородом **A** в стандартных условиях выделяется 7,55 кДж теплоты. Стандартная теплота сгорания этого соединения равна 803 кДж/моль. При сжигании 0,250 г соединения углерода с водородом **B** выделяется 24,15 кДж теплоты. Стандартная теплота сгорания **B** равна 2511 кДж/моль.

1. Определите с помощью расчета формулы **A** и **B**.
2. Напишите уравнения реакций сгорания.
3. Рассчитайте массу кислорода, необходимую для сжигания смеси, состоящей из 15 г вещества **A** и 25 г вещества **B**.

Задача 3.

На пилотируемых космических кораблях и станциях необходимо поглощать выделяющийся при дыхании людей углекислый газ и регенерировать кислород. В некоторых системах регенерации использовались патроны с гидроксидом лития LiOH и надпероксидом калия KO_2 .

1. Запишите уравнения реакций, протекающих в системе регенерации.
2. Почему использовалось два вещества, а не отдельно какое-либо из них?
3. Почему использовался гидроксид более дорогого лития, а не натрия или калия?
4. Рассчитайте примерное соотношение масс LiOH и KO_2 , необходимое для наиболее эффективной работы системы регенерации.

Задача 4.

Найдите три идущих подряд в периодической системе химических элемента **X**, **Y** и **Z** (**X** – с наименьшим порядковым номером, **Z** – с наибольшим,

например, X – водород, Y – гелий, Z – литий), отвечающих следующему условию:

- а) при комнатной температуре X – твердое вещество, Y – жидкость, Z – газ;
- б) X может реагировать с большинством элементов, в том числе со входящими в одну подгруппу с элементом Y , Y не реагирует ни с одним элементом, Z легко реагирует с большинством неметаллов;
- в) наивысшие возможные степени окисления: для X +4, для Y +5, для Z +2;
- г) X в чистом виде может быть аморфным или кристаллическим, для Y наиболее распространенными аллотропными модификациями являются кристаллы, состоящие из тетраэдров Y_4 , и аморфный полимер, а элемент Z имеет множество модификаций, большинство из которых состоит из циклов Z_n с различными значениями n ;
- д) существует газообразное при комнатной температуре соединение состава XYZ .

(В ответе для каждого из пунктов а) – д) должно быть указано по одной тройке элементов).

Задача 5.

Девочка прошла на республиканскую олимпиаду по химии. На экспериментальном туре ей выдали 6 пронумерованных неподписанных пробирок, каждая из которых содержала бесцветный водный раствор одного из следующих веществ (никакие две пробирки не содержали одинаковые растворы): сульфат магния, сульфат калия, хлорид бария, хлорид алюминия, хлорид цинка, хлорид калия, а также подписанную пробирку с раствором аммиака и пустые пробирки. Требовалось определить содержимое каждой из пробирок.

Девочка наливала в чистую пробирку сначала небольшое количество раствора из одной пронумерованной пробирки, а затем из другой, наблюдая за происходящими при этом явлениями. Таким образом она перебрала все возможные пары пробирок. Оказалось, что при сливании растворов из пробирок 5 и 6, а также 1 и 5 выпадет белый осадок. Для всех остальных пар видимых изменений не наблюдается.

При добавлении раствора аммиака к растворам из пробирок 2, 4 и 6 выпадают осадки, причем в случае раствора из пробирки 2 осадок растворяется в избытке раствора аммиака.

1. Определите содержимое всех пронумерованных пробирок.
2. Напишите уравнения всех проведенных реакций.

10 класс

Задача 1.

При кипячении 1,00 г сульфида некоторого элемента **X** в 68%-ной азотной кислоте образовалось 0,0122 моль серной кислоты и еще одна кислота, содержащая 52,8% элемента **X**.

1. Определите элемент **X**, а также формулы сульфида и кислоты.
2. Напишите уравнение описанной реакции.
3. Напишите уравнение реакции, происходящей при кипячении того же сульфида в концентрированной серной кислоте.

Задача 2.

Смесь двух углеводородов **A** и **B** с плотностью по воздуху 1,425 была пропущена через бромную воду. При этом объем смеси уменьшился в 3 раза, а плотность возросла на 6,45%. Углеводород **A** при пропускании над нагретым активированным углем образует вещество **C**.

1. Напишите структурные формулы веществ **A** – **C**. Приведите их названия по номенклатуре ИЮПАК.

Под действием подкисленного водного раствора сульфата ртути (II) **A** может превращаться в вещество **D**. Восстановление **D** водородом в присутствии катализатора дает продукт **E**, реагирующий с натрием с образованием вещества **F**.

2. Напишите структурные формулы веществ **D** – **F**.

Задача 3.

Неизвестный алкен прореагировал с галогеноводородом. При этом в реакцию вступило 5,00 г алкена и образовалось 14,63 г продукта.

1. Установите формулы алкена и галогеноводорода.
Для инициирования вышеупомянутой реакции использовали небольшое количество перекиси бензоила. Полученный продукт в основном состоит из вещества **A** и содержит примесь его изомера **B**.
2. Напишите структурные формулы веществ **A** и **B** и перекиси бензоила.

Задача 4.

Металл **A** реагирует с азотом при комнатной температуре с образованием соединения **B**. При нагревании вещества **B** в атмосфере водорода сначала образуются соединения **C** и **D**, затем **E** и **D**, а при нагревании до 300°C – соединения **F** и **D**. Известно, что **E** содержит 61,0% азота, а **D** – 87,3% металла. Соединение **D** при 850°C разлагается с образованием **A** и **G**. При

температуре 400-500°C **D** взаимодействует с азотом с образованием соединений **B** и **F**. Соединение **F** можно получить взаимодействием **G** с азотом в определенных условиях.

1. Напишите формулы соединений **A-G** и уравнения всех упомянутых реакций.
2. Какие условия необходимы для получения **F** из **G** и азота?

Задача 5.

Мальчик прошел на республиканскую олимпиаду по химии. На экспериментальном туре ему выдали 10 пронумерованных неподписанных пробирок, каждая из которых содержала бесцветный водный раствор одного из следующих веществ (никакие две пробирки не содержали одинаковые растворы): сульфат магния, сульфат калия, хлорид бария, хлорид алюминия, хлорид цинка, хлорид марганца, хлорид калия, бромид калия, иодид калия и нитрат серебра, а также подписанную пробирку с раствором аммиака и пустые пробирки. Требовалось определить содержимое каждой из пробирок. Мальчик наливал в чистую пробирку сначала небольшое количество раствора из одной пронумерованной пробирки, а затем из другой, наблюдая за происходящими при этом явлениями. Таким образом он перебрал все возможные пары пробирок. Оказалось, что при смешении раствора из пробирки 7 с содержимым любых других пробирок выпадают осадки, причем в случае раствора из пробирки 3 этот осадок светло-желтый, в случае раствора из пробирки 10 – желтый, а в остальных случаях – белый. Кроме того, белый осадок выпадет при сливании растворов из пробирок 6 и 9, а также 2 и 6. Для всех остальных пар видимых изменений не наблюдается. При добавлении раствора аммиака к растворам из пробирок 1, 2, 5 и 8 выпадают белые осадки, причем в случае раствора из пробирки 5 осадок растворяется в избытке раствора аммиака, а в случае раствора из пробирки 1 осадок со временем темнеет.

1. Определите содержимое всех пронумерованных пробирок. Напишите уравнения всех проведенных реакций.
2. Какие из осадков, полученных при попарном сливании растворов из пронумерованных пробирок, растворяются в избытке раствора аммиака? Напишите уравнения реакций.

11 класс

Задача 1.

Смесь двух углеводородов **A** и **B** с плотностью по воздуху 1,425 была пропущена через бромную воду. При этом объём смеси уменьшился в 3 раза, а плотность возросла на 6,45%. Углеводород **A** при пропускании над нагретым активированным углем образует вещество **C**.

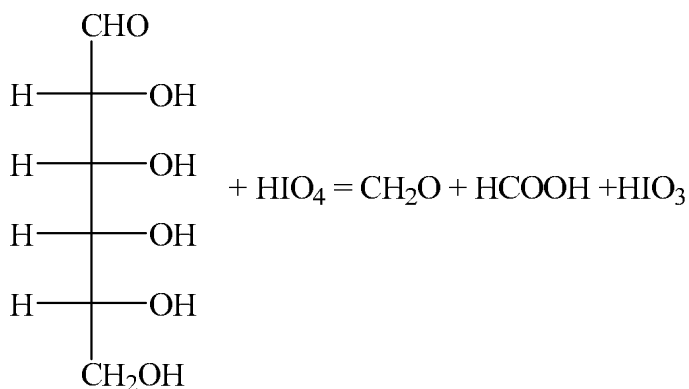
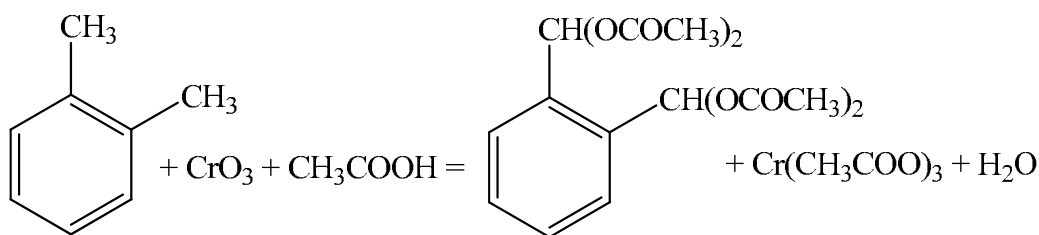
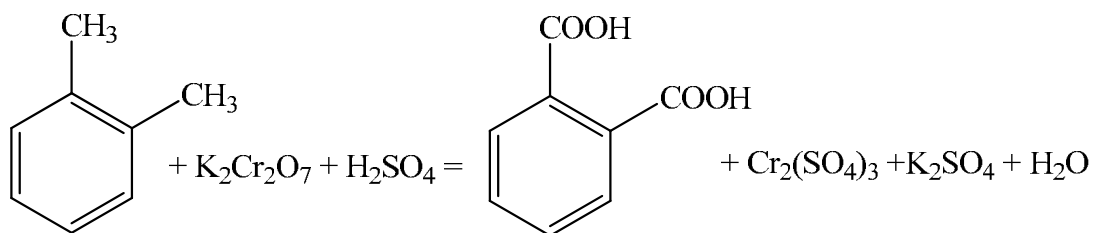
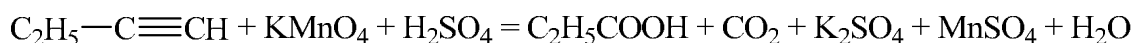
1. Напишите структурные формулы веществ **A** – **C**. Приведите их названия по номенклатуре ИЮПАК.

Под действием подкисленного водного раствора сульфата ртути (II) **A** может превращаться в вещество **D**. Восстановление **D** водородом в присутствии катализатора дает продукт **E**, реагирующий с натрием с образованием вещества **F**.

2. Напишите структурные формулы веществ **D** – **F**.

Задача 2.

Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций:



Задача 3.

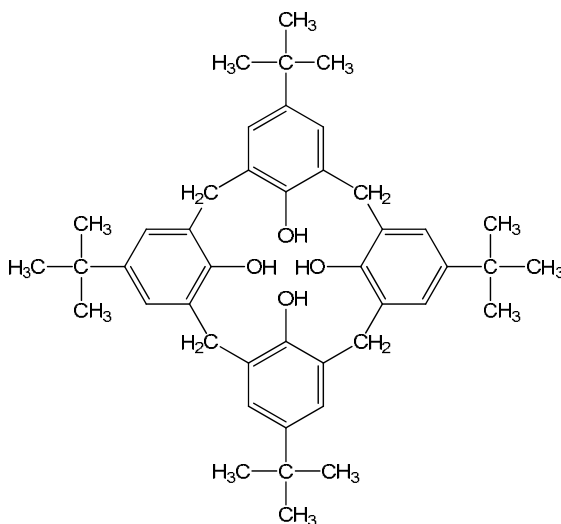
Простое вещество **A**, образованное самым распространенным элементом во Вселенной, взаимодействует со взрывом с простым веществом **B** с образованием продукта **C**. Водный раствор **C** окрашивает индикаторную бумагу в красный цвет. Вещество **B** даже при комнатной температуре реагирует с водой с образованием веществ **C** и **D**. При пропускании мощных электрических разрядов через смесь **B** и **D** в объемном соотношении 3:2 при низкой температуре образуется соединение **E**, которое является одним из наиболее сильных из известных окислителей. **E** содержит 44,2% элемента, образующего простое вещество **B**.

Напишите формулы соединений **A-E** и уравнения всех упомянутых реакций.

Задача 4.

Каликсарены представляют собой органические соединения, способные образовывать устойчивые комплексы с другими органическими молекулами. Состав этих комплексов можно выразить общей формулой $\text{Calix} \cdot n\text{M}$, где Calix – молекула каликсарена, **M** – органическая молекула, *n* – число молекул **M**, связанных с одной молекулой каликсарена. Например, комплекс с пентаном имеет состав $\text{Calix} \cdot \text{C}_5\text{H}_{12}$.

Перед вами – структурная формула трет-бутилкаликс[4]арена:



1. Напишите брутто-формулу трет-бутилкаликс[4]арена.

По данным элементного анализа комплекс трет-бутилкаликс[4]арена с хлороформом содержит 56,055% С, 5,905% Н, 6,355% О, 31,684% Cl.

2. Определите состав комплекса трет-бутилкаликс[4]арена с хлороформом.

Трет-бутилкаликс[4]арен образует два комплекса с бензолом различного состава. Комплекс I при нагревании теряет 5,68% массы в интервале температур 90–140°C, при дальнейшем нагревании масса не изменяется вплоть до 340°C, когда начинается разложение каликсарена.

3. Определите с помощью расчета состав комплекса I.

При исследовании комплекса II трет-бутилкаликс[4]арена с бензолом в герметичную ячейку с 0,12 г твердого каликсарена было помещено 20 мкл бензола (плотность 0,879 г/мл), после установления равновесия в газовой фазе при температуре кипения бензола находилось 3,1 мг паров бензола.

4. Определите с помощью расчета состав комплекса II.

Задача 5.

Маленький мальчик прошел на республиканскую олимпиаду по химии. На экспериментальном туре ему выдали 10 пронумерованных неподписанных пробирок, каждая из которых содержала бесцветный водный раствор одного из следующих веществ (никакие две пробирки не содержали одинаковые растворы): сульфат магния, сульфат калия, хлорид бария, хлорид алюминия, хлорид цинка, хлорид марганца, хлорид калия, бромид калия, иодид калия и нитрат серебра, а также подписанную пробирку с раствором аммиака и пустые пробирки. Требовалось определить содержимое каждой из пробирок. Мальчик налил во все пронумерованные пробирки раствор аммиака, при этом в пробирке 1 сначала выпал белый осадок, который растворился в избытке аммиака, в пробирке 9 сначала выпал бурый осадок, который растворился в избытке аммиака, а в пробирках 2, 3 и 5 выпал белый осадок, не растворившийся при добавлении избытка аммиака, причем осадок из пробирки 5 со временем приобрел темную окраску. Полученный раствор из пробирки 9 мальчик добавил в пробирки 4, 6, 7, 8 и 10, при этом осадок выпал только в пробирке 8. Затем мальчик прилил раствор из пробирки 4 в пробирки 6, 7 и 10, но никаких видимых изменений не наблюдалось. После этого он прилил раствор из пробирки 10 в пробирки 6 и 7, и в пробирке 7 выпал осадок. Тот же раствор из пробирки 10 мальчик добавил в пробирки 2 и 3, после чего в пробирке 3 выпал дополнительный объем осадка. В итоге мальчик верно определил содержимое всех пробирок, кроме 4 и 6.

1. Определите содержимое всех пронумерованных пробирок (кроме 4 и 6). Напишите уравнения всех проведенных реакций.
2. Какую грубую ошибку допустил мальчик?
3. Как можно было различить между собой вещества в пробирках 4 и 6?