

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Задача 1 (автор Панин Р.В.)

1. Очевидно, что А – это нитрат неизвестного металла Х. Так как раствор А не дает осадка со щелочью, то можно сделать вывод, что гидроксид металла хорошо растворим в воде, и является сильным основанием. Отсюда можно достоверно утверждать, что элемент Х в нитрате А присутствует в виде либо однозарядного, либо двухзарядного катиона, так как уже среди трехзарядных катионов нет ни одного, который образовывал бы растворимый в воде гидроксид. Для каждого из этих двух случаев можно рассмотреть три варианта разложения нитрата – до нитрита, оксида или металла Х.

Формула нитрата XNO_3

Вариант 1. Разложение до нитрита: $2XNO_3 = 2XNO_2 + O_2\uparrow$ Тогда с учетом данных о потере массы при прокаливании $32 = 0.203 \cdot 2 \cdot (M(X) + 62)$, откуда $M(X) = 16.8$ г/моль, т.е. разумного решения нет.

Вариант 2. Разложение до оксида: $4XNO_3 = 2X_2O + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$ Аналогично можно записать: $32 + 4 \cdot 46 = 0.203 \cdot 4 \cdot (M(X) + 62)$, $M(X) = 204$ г/моль, т.е. $X = Tl$.

Вариант 3. Разложение до металла: $2XNO_3 = 2X + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow$ В этом случае $32 + 2 \cdot 46 = 0.203 \cdot 2 \cdot (M(X) + 62)$, $M(X) = 243.4$ г/моль, разумного решения нет (Am^{+1} не существует)

Формула нитрата $X(NO_3)_2$

Вариант 1. Разложение до нитрита: $X(NO_3)_2 = X(NO_2)_2 + O_2\uparrow$ Аналогично $32 = 0.203 \cdot (M(X) + 124)$, $M(X) = 33.6$ г/моль, разумного решения нет.

Вариант 2. Разложение до оксида: $2X(NO_3)_2 = 2XO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$, $32 + 4 \cdot 46 = 0.203 \cdot 2 \cdot (M(X) + 124)$, $M(X) = 408$ г/моль, разумного решения нет.

Вариант 3. Разложение до металла: $X(NO_3)_2 = X + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow$, $32 + 2 \cdot 46 = 0.203 \cdot (M(X) + 124)$, $M(X) = 486.8$ г/моль, разумного решения нет.

Таким образом, $X = Tl$, $A = TlNO_3$

Следовательно: $4TlNO_3 = 2Tl_2O + 4NO_2 + O_2$ (2)

2. Действительно, таллий удовлетворяет всем условиям задачи:

$3Tl + 4HNO_3$ (разб.) = $3TlNO_3 + NO\uparrow + 2H_2O$ (нагревание) (1)

Ниф-Ниф:

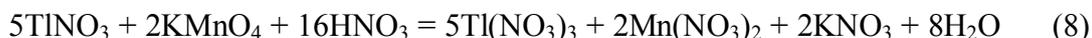
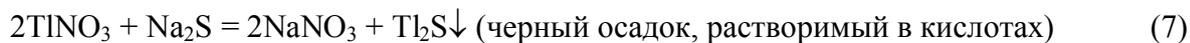
$TlNO_3 + NaF \rightleftharpoons TlF + NaNO_3$ (TlF хорошо растворим в воде)

$TlNO_3 + NaCl = NaNO_3 + TlCl\downarrow$ (белый осадок) (3)

$TlNO_3 + NaBr = NaNO_3 + TlBr\downarrow$ (желтоватый осадок) (4)



Нуф-Нуф:



(обесцвечивание подкисленного раствора перманганата калия)

3.

а) Металлический таллий используется в качестве микродобавки при изготовлении специальных сплавов.

б) Растворимые соединения таллия применяются в качестве яда для грызунов.

в) Халькогениды таллия используются в полупроводниковой технике.

г) Некоторые сложные оксиды меди и таллия – высокотемпературные сверхпроводники.

д) Формиат и малонат таллия – компоненты тяжелых жидкостей (жидкость Клеричи), используемых для разделения минералов.

4. Пренебрежение нормами техники безопасности при работе с таллием и его соединениями чревато их попаданием внутрь организма, что может привести к выпадению волосяного покрова у волка, а также вызвать у него расстройство желудка.

Система оценивания

1.	Определение Тl – 1б., определение TlNO_3 – 1 б., обоснование – 3 б.	5 б.
2.	8 реакций по 2 б.	16 б.
3.	2 ответа по 1 б.	2 б.
4.	техника безопасности.	2 б.
5.		Всего 25 б.

Задача 2 (авторы Терехов С.С., Дерендяев М.А.)

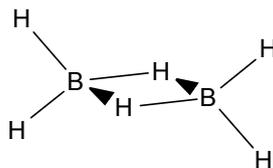
1. Исходное вещество, содержащее элемент 13 группы и используемое при стандартизации растворов кислот, это $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ – минерал бора. Содержание бора в буре: $(4 \times 11) / (23 \times 2 + 11 \times 4 + 16 \times 7 + 18 \times 10) = 0,1152$. Таким образом, А - $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, элемент X – бор.

2. А- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, Б- BF_3 , В- $\text{H}_2\text{BF}_3\text{O}$, Г- BCl_3 , Д- H_3BO_3 , Е- $\text{B}(\text{NH}_2)_3$, Ж- B_4C , З- B_2Cl_4 , И- $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_3\text{Cl}_3$, К- $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_3(\text{CH}_3)_3$ Л- B_2H_6 , М- $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$.

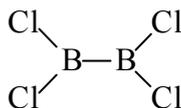
3.

Вещество	Структура
И	
К	
М	

4. Два искаженных тетраэдра, связанных общим ребром - молекула вещества Л



Молекула 3 состоит из двух фрагментов BCl_2 , расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях, валентный угол Cl-B-Cl равен 120° :



- $3\text{BCl}_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl} = \text{B}_3\text{N}_3\text{Cl}_3 + 9\text{HCl}$
- $4\text{BCl}_3 + 6\text{H}_2 + \text{C} = \text{B}_4\text{C} + 12\text{HCl}$
- $2\text{BCl}_3 + 2\text{Hg} = \text{B}_2\text{Cl}_4 + \text{Hg}_2\text{Cl}_2$

Система оценивания

- Название минерала А, его формула и название элемента X по 1 б..... 3 б
 - Соединения Б-М (11) по 1 б 11 б.
 - Структурные формулы 3 по 1 б..... 3 б.
 - Строение молекул 2 по 1 б..... 2 б.
 - 3 реакции по 2 б..... 6 б
-*Всего 25 б.*

Задача 3 (автор Нехорошев Е.Е.)

1. Обозначим мольную долю газа X в смеси за a , получим $1 \cdot a + 1,375(1-a) = 1,25$, откуда $0,375a = 0,125$ или $a = 1/3$, $1-a = 2/3$, т.е. отношение $\text{X/Y} = 1/2$.

Если все проведенные превращения описать общей схемой, то получится следующее: $A + B \rightarrow C + X + Y$, ведь в конечном растворе осталась только соль C . Уточнение про то, что ни одно из этих соединений не содержит водород, означает, что вода не входит в общее уравнение материального баланса, ни как реагент, ни как продукт, что, впрочем, не исключает ее участие в промежуточных превращениях. Итак, если из 4,05 г A и 2,97 г B в итоге получилось 5,22 г C , то $4,05 + 2,97 - 5,22 = 1,8$ г приходится на газы X и Y . Обозначая за M молярную массу X , составим уравнение:

$$\frac{0,168}{22,4} \cdot M + \frac{0,504}{22,4} \cdot 1,25 \cdot M + \frac{0,336}{22,4} \cdot 1,375 \cdot M = 1,8.$$

Отсюда $M = 32$ г/моль. Газ с такой молярной массой, безусловно, кислород ($X = O_2$). Теперь разберемся с газом Y , выделение которого сопровождается образованием нейтрального раствора единственной соли при взаимодействии кислого и щелочного растворов. Такое возможно только если Y является слабым летучим основанием или кислотой (летучим ангидридом). Отсутствие в составе Y водорода не оставляет выбора – это ангидрид слабой кислоты. Его молярная масса легко находится из данных по плотности: $M(Y) = 32 \cdot 1,375 = 44$ г/моль. Газ с такой молярной массой, полностью удовлетворяющий условию – углекислый газ ($Y = CO_2$).

Итак, из растворов удалялись кислород и углекислый газ, следовательно катионы солей A и B остались в растворе. Так как качественный состав A и C одинаков, то отсюда следует, что катионы во всех трех солях A , B и C одинаковы.

Проанализируем данные по содержанию элементов в A и C . Для этого посчитаем массу элементов до и после реакций:

В соединении A	В соединении C
$m(1) = 0,2889 \cdot 4,05 = 1,17г$	$m(1) = 0,4483 \cdot 5,22 = 2,34г$
$m(2) = 0,237 \cdot 4,05 = 0,96г$	$m(2) = 0,1839 \cdot 5,22 = 0,96г$
$m(3) = 0,4741 \cdot 4,05 = 1,92г$	$m(3) = 0,3678 \cdot 5,22 = 1,92г$

Удивительно, но в ходе превращения A в C изменилась (причем увеличилась ровно вдвое) масса только одного элемента (1). Из предыдущих рассуждений ясно, что это как раз и есть катион, $2,34 - 1,17 = 1,17$ г которого изначально содержалось в соли B . Поскольку массы элементов 2 и 3 в ходе превращения A в C сохранили свои значения, получается, что соль B изначально содержала столько же кислорода и углерода, сколько в сумме выделилось в составе газов X и Y . Посчитаем суммарное количество атомов кислорода в B :

$$n(O) = \frac{2}{22,4} \cdot (0,168 + 0,336 + 0,504) = 0,09 \text{ моль};$$

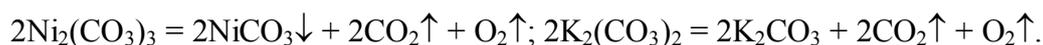
Суммарное количество атомов углерода в **В**:

$$n(C) = \frac{(0,667 \cdot 0,504 + 0,336)}{22,4} = 0,03 \text{ моль}$$

Простейшее соотношение дает остаток «CO₃» - выглядит как карбонат. Что ж, представим формулу соли как Me₂(CO₃)_n. Тогда 2:n соотносятся как число молей металла к числу молей остатка (1,17/M_{Me}):0,03, откуда M_{Me} = 19,5n. Составим таблицу:

n	1	2	3	4	5	6	7	8
M _{Me}	19,5	39	58,5	78	97,5	117	136,5	156
Me	-	K	Ni	-	-	-	-	-

Пока все не очень хорошо: карбонат трехзарядного катиона Ni(III) или K(II) как-то не укладываются в голове. Однако, если это не карбонаты, а пероксокарбонаты, то можно предположить, во что оба превратились бы при кипячении:

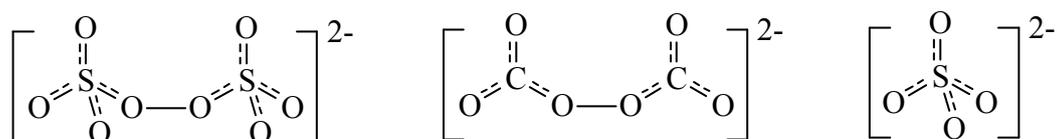


В принципе, уже неплохо (и соотношение газов в смеси подходит), разве что трудно ожидать сильнощелочного (а тем более сильнокислого) раствора от малорастворимого карбоната никеля(II). Зато раствор карбоната калия действительно имеет сильнощелочную реакцию за счет гидролиза. В любом случае в растворе после кипячения должен был остаться устойчивый карбонат Me₂(CO₃)_k, содержащий 1,17 г катиона и 0,336/22,4 = 0,015 моля CO₂, выделившегося при смешении растворов. Для него 2:k = (1,17/M_{Me}):0,015, откуда M_{Me} = 39k, то есть только калий полностью удовлетворяет условию. Таким образом, мы установили, что соединение **В** состоит из **калия, углерода и кислорода**.

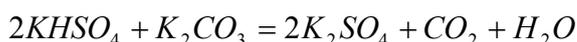
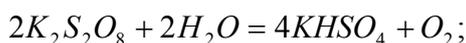
Итак, в состав **А** и **С** точно входит калий (элемент 1) и, скорее всего, кислород, поскольку он выделяется из раствора **А**. Так как различаются они только количеством атомов калия, можно представить их формулы как K_aЭ_bO_c и K_dЭ_bO_c. Тогда a:b:c и d:b:c – отношения небольших целых чисел. Воспользуемся данными по содержанию элементов. Если кислород – это элемент 2, то для соединения **А** 28,89/39,1 : 23,7/16 : 47,41/M_Э = 0,739 : 1,481 : 47,41/M_Э = 1 : 2 : 64,15/M_Э, для соединения **С** 44,83/39,1 : 18,39/16 : 36,78/M_Э = 1,15 : 1,15 : 36,78/M_Э = 1 : 1 : 32,0/M_Э. Выбор третьего элемента небогат – сера или иридий, а соединения **А** и **С** – K₂S₂O₂ и K₂IrO₄, либо K₂IrO₄ и K₄IrO₄. Если кислород – это элемент 3, то аналогичные расчеты приводят к формулам KSO₄ и K₂SO₄, либо K₄IrO₁₆ и K₈IrO₁₆. Из четырех вариантов, получившихся у нас для соли **С**, разумным является

только K_2SO_4 , который действительно известен каждому школьнику. То есть элементы 1, 2, 3 – это **калий**, **сера** и **кислород** соответственно.

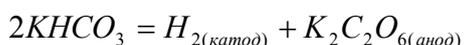
2. С веществом **С** все понятно – K_2SO_4 – **сульфат калия**. Состав **А** и **В** несколько необычен – KSO_4 и KCO_3 и, на первый взгляд, в этих солях превышены валентные возможности серы и углерода. Но если вспомнить, что из водных растворов этих солей при нагревании выделяется кислород, что характерно для соединений, содержащих пероксогруппу (-O-O-), то все встает на свои места: с учетом четности валентностей серы и углерода соединение **А** – $K_2S_2O_8$ – **пероксодисульфат калия**, соединение **В** – $K_2C_2O_6$ – **пероксодикарбонат калия**. Структурные формулы анионов приведены на рисунке:



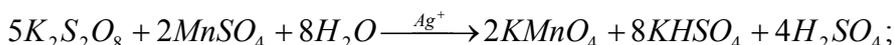
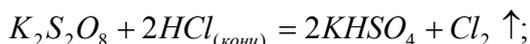
3. Уравнения проведенных реакций:



4. Пероксодисульфат калия и пероксодикарбонат калия получают электролизом концентрированных растворов кислых солей при охлаждении:



5. Уравнения реакций с соляной кислотой и сульфатом марганца(II):

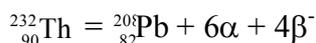


Система оценивания

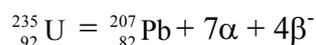
1. Мольное отношение газов 1 б, газы X и Y 2 по 2б, элементы O, C, K, S – 4 по 1 б..... 9 б.
 2. Формулы и названия A, B и C – 3 по 1 б и 3 по 1 б, структурные формулы анионов 3 по 1 б..... 9 б.
 3. Уравнения реакций – 7 по 1 б..... 7 б.
-Всего 25 б.

Задача 4 (автор Жиров А.И.)

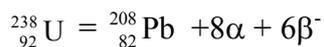
1. Реакции радиоактивного распада:



(тип ядер по массе 4n)



(тип ядер по массе 4n + 3)



(тип ядер по массе $4n + 2$)

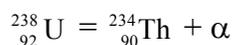
2. Атомная масса природного свинца является суммой масс всех его стабильных изотопов, с учетом их распространенности:

$$A(\text{Pb}) = 0,0014 \times 203,9730 + 0,241 \times 205,9744 + 0,221 \times 206,9759 + 0,524 \times 207,9766 = 207,22$$

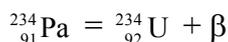
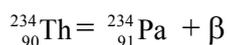
Атомная масса тория - 232,038054 (торий – моноизотопный элемент)

$$A(\text{U}) = 0,99275 \times 238,050784 + 0,00720 \times 235,043924 + 0,00005 \times 234,0409 = 238,029$$

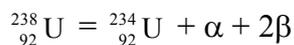
3. ${}^{234}\text{U}$ (тип ядра по массе $4n + 2$) является дочерним продуктом ядерного распада ${}^{238}\text{U}$ ($4n + 2$):



образующийся нуклид тория претерпевает β -распад (с малым периодом полураспада см. таблицу), образуя в конечном итоге ${}^{234}\text{U}$:



Суммарная реакция этого перехода может быть записана:

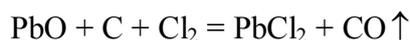
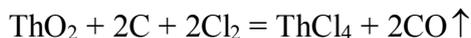


Равновесное содержание нуклидов в ряду превращений («вековое равновесие») пропорционально периоду полураспада данного нуклида:

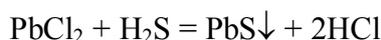
$$0,99275 \times 2,45 \cdot 10^5 : 4,46 \cdot 10^9 = 5,45 \cdot 10^{-3} \text{ или } 0,00545 \%$$

${}^{236}\text{U}$ (тип ядра по массе $4n$) не имеет природного исходного нуклида. (Этот ряд радиоактивного распада начинается с природного тория с массовым числом 234.)

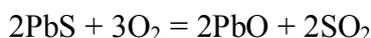
4. а) Реакции перевода торианита в растворимое состояние:



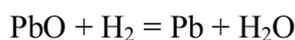
Осаждение сульфида свинца:



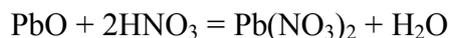
Обжиг сульфида свинца:



Восстановление оксида свинца:



Реакция растворения урановой смолки:



Осаждение сульфида свинца:



Остальные реакции аналогичны.

б) Атомная масса свинца из торанита – 207,976627

Атомная масса свинца из урановой смолки ($^{206}\text{Pb} - 24,1:(24,1+22,1) = 0,5216$; $^{207}\text{Pb} - 22,1:(24,1+22,1) = 0,4784$) будет равна $0,5216 \times 205,4794 + 0,4784 \times 206,976627 = 206,45$

в) Уменьшение массы при восстановлении оксида свинца, полученного из торанита, составит: $15,9994/(15,9994 + 207,9766) = 0,07143$ или 7,143%.

А для оксида свинца из урановой смолки – $15,9994/(15,9994 + 206,45) = 0,07192$ или 7,192%. Результаты очень близки и отличие можно было зафиксировать только в очень точных измерениях.

Система оценивания

1.	3 реакции по 1 б.....	3 б
2.	3 массы по 2 б.....	6 б
3.	Расчет 2*2 б.....	4 б
4.	8 реакций по 1 б.....	8 б
5.	атомные массы 2*1 б.....	2 б
6.	уменьшение массы 2*1 б.....	2 б
	Всего 25 б	

Задача 5 (автор Емельянов В.А.)

1. Запишем реакцию между атомами А и Б в общем виде: $m\text{A} + n\text{B} \rightarrow \text{A}_m\text{B}_n$, где A_mB_n – это В. Осаждение нитратом серебра идет по следующей реакции: $m\text{Ag}^+ + \text{B}^{m-} \rightarrow \text{Ag}_m\text{B}\downarrow$. Тогда молярная масса соединения Ag_mB равна $m \cdot M(\text{Ag}) + M(\text{B})$. Количество Б, содержащегося в Ag_mB , равно $0,5656/M(\text{Ag}_m\text{B})$, и это составляет десятую часть от количества Б в исходной навеске (объем раствора всей навески 100 мл, объем аликвоты – 10 мл). Всего в ампулу загрузили $3,056/M(\text{B})$ молей атомов Б. Составим уравнение: $10 \cdot 0,5656/(m \cdot M(\text{Ag}) + M(\text{B})) = 3,056/M(\text{B})$. Перевернув дроби, получаем $(m \cdot M(\text{Ag}) + M(\text{B}))/5,656 = M(\text{B})/3,056$, откуда $M(\text{B}) = 1,175 \cdot m \cdot M(\text{Ag}) = 126,8 \cdot m$. Получаем единственное решение: элемент Б – это иод, вещество Б – I_2 .

2. Твердый иод имеет высокое давление паров, особенно при температурах, близких к температуре плавления ($t_{\text{плавл}} = 113,5 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{\text{кипения}} \sim 184 \text{ }^\circ\text{C}$). Из открытых емкостей даже при небольшом нагревании иод быстро улетучивается, причем часто это происходит еще до того, как температура достигла его точки плавления при атмосферном

давлении. В закрытой системе (пробирке с пробкой), между твердым иодом и его парами устанавливается равновесие, и по достижении точки плавления иод плавится. То есть, как это ни странно звучит, но в 3-м опыте температура была выше, чем в опыте 2, где иод улетел, но не расплавился даже натрий (см. п. 3), имеющий более низкую температуру плавления ($t_{\text{плавл}} \sim 98 \text{ }^\circ\text{C}$).

3. Итак, вещество **В** содержит иодид-ионы, т.е. атомы **А** реагируют с иодом следующим образом: $A + (k/2)I_2 \rightarrow AI_k$. Раз «в 4 опыте **А** и **Б** прореагировали практически количественно с образованием индивидуального соединения **В**», то, зная навески, можно получить формулу расчета атомной массы **А**: $M(A) = m(A) \cdot M(I) \cdot k / m(I_2) = 0,5539 \cdot 126,9 \cdot k / 3,056 = 23,00 \cdot k$, где k – степень окисления элемента **А** в иодиде. При варьировании k с той или иной точностью получаются следующие элементы:

k	1	2	3	4	5	6	7	8
M(A)	23,00	46,00	69,00	92,00	115,0	138,0	161,0	184,0
A	Na (22,99)	~Sc (44,96)	~Ga (69,72)	~Zr (91,22)	In (114,8)	Ba (137,3)	-	W (183,8)

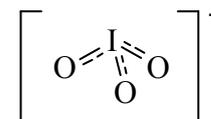
С правдоподобными степенями окисления k совпадает только у Na, Ga и Zr, но для двух последних расчетное значение атомной массы отличается от реального уже в третьей значащей цифре, в то время как навески были взяты с точностью до четырех таких цифр. Если это Вам ни о чем не говорит, посмотрите на свойства **А**: во 2 опыте на горячей плитке иод улетел, даже не дождавшись, пока расплавится **А**. Понятно, что это точно не галлий, плавящийся при $t \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Если бы это был цирконий, то во-первых, нельзя было бы говорить о сплавлении при озвученных температурах (его $t_{\text{плавл}} \sim 1855 \text{ }^\circ\text{C}$), а, во-вторых, оставшийся в 5 опыте цирконий никак не растворился бы в воде. Даже если предположить, что он прореагировал с иодом уже после добавления воды (как это происходит, например, в известной реакции иода с алюминием), то образовавшийся в этом случае ZrI_4 не дал бы прозрачного водного раствора. Как известно, все тетрагалогениды металлов являются ковалентными соединениями и в воде гидролизуются с образованием осадка основных солей или гидратированных диоксидов.

Итак, все-таки вещество **А** – это натрий, полностью удовлетворяющий условию задачи, за тем лишь исключением, что как-то не верится, что столь активный щелочной металл не реагирует при сплавлении с достаточно активным иодом. Что ж, потому и вспомнили добрым словом Михаила Васильевича авторы этой задачи.

Полное название монографии: «Натрий, его производство, свойства и применение». Соответственно вещество **В** – NaI, а вещества, содержащиеся в белой корке 1 опыта – продукты взаимодействия натрия с воздухом: Na₂O, Na₂O₂, NaOH и Na₂CO₃.

4. Добавление воды в пробирку, в которой остался непрореагировавший натрий, привело к протеканию бурных реакций натрия с водой и с иодом в присутствии воды, сопровождающихся сильным разогревом пробирки и выделением газа: $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$, $2\text{Na} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{I}^-$. Избыток иода частично растворился в растворе, содержащем I⁻, с образованием полииодид-ионов (в основном I₃⁻), придав раствору насыщенный коричневый цвет: $\text{I}^- + n\text{I}_2 \rightarrow \text{I}_{2n+1}^-$. Частицы имеют линейное строение с углами I-I-I 180°. Происхождение иодид-ионов можно описать и реакцией диспропорционирования иода в щелочном растворе: $3\text{I}_2 + 6\text{OH}^- \rightarrow 5\text{I}^- + \text{IO}_3^-$.

5. Поскольку в первой ампуле по условию (п.1) содержится индивидуальное вещество NaI, это значит, что ее содержимое практически не окрашено, т.е. имеет белый цвет (на самом деле слегка желтоватый). Во второй ампуле явно остались не прореагировавшие натрий и иод, о чем говорят и результаты анализа и описание опыта 3. То есть в этой ампуле находится затвердевший расплав натрия и иода, имеющий серый цвет с металлическим блеском. При растворении этого расплава в воде натрий, безусловно, с ней взаимодействует, а иод диспропорционирует в образующейся в нужном количестве щелочи, полностью растворяясь с образованием бесцветного раствора: $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$, $3\text{I}_2 + 6\text{OH}^- \rightarrow 5\text{I}^- + \text{IO}_3^-$. Если дело ограничивается только этими двумя реакциями, то при анализе мы должны осадить 5/6 от количества взятого иода, что в пересчете на AgI составит $5/6 * 0,1 * 3,056 * 234,8 / 126,9 = 0,4712$ г. Поскольку масса осадка заметно больше (0,5027 г), это значит, что часть иода восстанавливается в иодид, не диспропорционируя. Восстановителем может быть как сам натрий, так и водород в момент выделения, с последующей нейтрализацией иодоводорода щелочью. И в том и в другом случае суммарное уравнение выглядит одинаково: $2\text{Na} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{Na}^+ + 2\text{I}^-$. Этими тремя реакциями можно ограничиться, не вдаваясь в детали механизма восстановления иода. В этом растворе содержатся иодат-анионы, имеющие строение треугольной пирамиды, обусловленное наличием неподеленной электронной пары на атоме иода (углы O-I-O близки к тетраэдрическим – экспериментальное значение 106°):



Их количество в колбе найдем, вычтя из общего количества иода в ампуле количество иодид-ионов, найденное в анализе: $3,056 / 126,9 - 10 * 0,5027 / 234,8 = 2,672 * 10^{-3}$ моля. Концентрация составляет $2,672 * 10^{-3} * 174,9 / 0,1 = 4,673$ г/л.

6. При взаимодействии раствора **В** с PdCl_2 осаждается нерастворимый иодид палладия: $\text{Pd}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PdI}_2\downarrow$, который в процессе сушки частично разлагается, занижая результаты анализа. При прокаливании в водороде иодид восстанавливается до металлического палладия, растворяющего в себе заметное количество водорода: $\text{PdI}_2 + (0,5x+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{PdH}_x + 2\text{HI}\uparrow$. При обжиге в спирте горит не только сам спирт, но и выгорает водород, а получающийся чистый металлический палладий и является весовой формой: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{PdH}_x + x/4\text{O}_2 \rightarrow \text{Pd} + x/2\text{H}_2\text{O}$. Теоретическое количество палладия, которое можно получить при анализе 1/10 части раствора, совпадает с 1/10 от общего количества иода в ампуле, а масса будет равна $106,4 \cdot 0,1 \cdot 3,056 / (2 \cdot 126,9) = 0,1281$ г. Раствор хлорида палладия подкисляют во избежание гидролиза, который может зависеть результаты анализа из-за осаждения основного иодида и даже гидроксида палладия.

Система оценивания

1. Выход на иод по данным химанализа или подтвержденный ими..... 3 б.
 2. Высокое давление паров (летучесть в открытой системе) – 1 б, более высокая температура в пробирке – 1 б. 2 б.
 3. Расчет натрия – 1 б, формула Б – 1 б, формулы веществ, содержащихся в толстой белой корке – 1 б..... 3 б.
 4. Признаки бурной реакции (разогрев, газовыделение) – 1 б, цвет – 1 б, строение – 1 б, уравнения реакций – 1 б за все вместе, приведшие к образованию трииодида 4 б.
 5. Цвет содержимого ампул – 2 б, уравнения реакций (натрий с водой, диспропорционирование иода и его восстановление) – $3 \cdot 1 = 3$ б. Название, строение, концентрация иодат-ионов – $3 \cdot 1 = 3$ б 8 б.
 6. Реакции, лежащие в основе методики (осаждение и восстановление PdI_2), цель обжига (выгорание водорода), теоретическая масса палладия, ссылка на частичное разложение PdI_2 – по 1 б (Реакция горения спирта не оценивается) 5 б.
- Всего 25 баллов