

- 2) Какие процессы с участием этих веществ упоминаются в тексте? Там, где это возможно, запишите необходимые уравнения реакций.
- 3) Что символизирует усадьба?
- 4) Какая настоящая фамилия у мистера Найтдримера?

Решение:

- 1) Большая часть веществ являются простыми. По описанию характеров «людей» можно сделать выводы о свойствах веществ. Также даны подсказки в фамилиях персонажей, по которым можно понять, какие вещества зашифрованы.

Персонаж	Вещество	Пояснение	Баллы
мисс Аурелия	Золото Au	Дан намек на мягкость золота, золото является одним из самых пластичных металлов. Женское имя «Аурелия» переводится как «золотая» (лат.)	1
мисс Кимберли	Алмаз (бриллиант) C	Очень твердое вещество. Намек о кимберлитовых трубках, в которых, по оценкам содержится около 90% запасов алмазов.	1
мсье Амбре	Бром Br ₂	Намек в фамилии, название «бром» переводится как «зловонный» (др.-греч.) Бурно реагирует с алюминием. Взаимодействует с золотом.	2
мистер Квиксильвер	Ртуть Hg	Намек в фамилии, «квиксильвер» - дословный перевод на английский язык латинского названия «гидраргирум». Может образовывать амальгамы с золотом, алюминием.	2
мистер Лайт	Алюминий Al	Намек на низкую плотность, алюминий – один из легких металлов. Также это можно	1

		понять, используя факт, что с водой взаимодействие не идёт, т.к. поверхность алюминия пассивирована оксидной плёнкой, но амальгама алюминия с водой реагирует.	
миссис Уотер	Вода H ₂ O	«Уотер» - «вода» (англ.)	1
мистер Вред	Фтор F ₂	Очень активный, «фтор» - «разрушительный» (др.-греч.)	2
Сумма баллов:			10

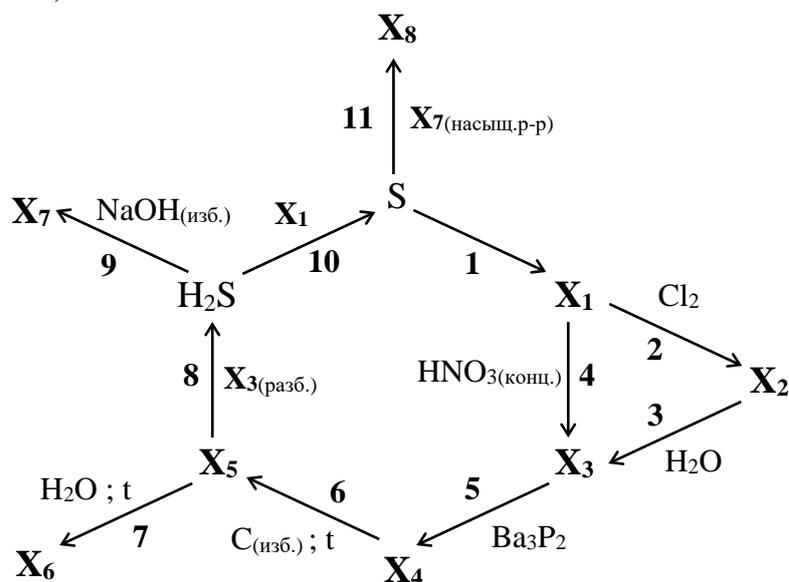
2) Процессы (в том числе химические реакции):

Участвующие персонажи	Процесс	Баллы
Аурелия и Амбре	$2\text{Au} + 3\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{AuBr}_3$	1
Аурелия и Квиксильвер	Образование амальгамы золота	1
Лайт и Амбре	$2\text{Al} + 3\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{AlBr}_3$	1
Лайт, Квиксильвер, Уотер	Образование амальгамы алюминия	1
	$2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2$	1
Вред с медной ложкой	$\text{F}_2 + \text{Cu} \rightarrow \text{CuF}_2$	1
Сумма баллов:		6

- 3) Усадьба – Периодическая таблица (Периодический закон) Д.И. Менделеева – 2 балла.
- 4) Настоящая фамилия мистера Найтдримера – Менделеев. Обыграна легенда о том, что Д.И. Менделеев, являющийся ученым-энциклопедистом, увидел во сне Периодическую таблицу. Также в тексте есть намеки, что не только Д.И. Менделеев занимался проблемой систематизации химических элементов, например, Л. Мейер и другие – 2 балла.
- Итого: 20 баллов**

Задача №4

Расшифруйте указанные в цепочке вещества, напишите уравнения соответствующих реакций (номера реакций указаны жирным шрифтом рядом со стрелочками):



Про X_8 известно, что это бинарное соединение, в котором атомная доля одного из элементов составляет 22,22%. Все вещества, кроме X_6 , содержат серу. Что произойдет, если растворить X_8 в соляной кислоте? Напишите уравнение соответствующей реакции (**12-ая реакция**).

Решение:

1) Так как сера образуется при взаимодействии сероводорода с X_1 , которое также содержит атомы серы, то логично предположить, что X_1 – диоксид серы, который вступает в сопропорционирование с сероводородом в присутствии воды. Тогда можно понять, какие ещё вещества зашифрованы в цепочке.

Вещество X_7 – сульфид натрия, тогда вещество X_8 – один из полисульфидов натрия Na_2S_n (n принимает значения от 2 до 7). Чтобы понять, какой полисульфид имеется в виду, необходимо проанализировать атомные доли атомов в веществе. Очевидно, что указанная атомная доля – это доля натрия. Тогда:

$$\frac{2}{2 + n} = 0,2222$$

При решении этого уравнения находим, что $n = 7$. Следовательно, X_8 – Na_2S_7 .

Все вещества, приведенные в задаче:

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
SO_2	SO_2Cl_2	H_2SO_4	$BaSO_4$	BaS	$Ba(OH)_2$	Na_2S	Na_2S_7

2) Уравнения реакций:

- $S + O_2 \rightarrow SO_2$
- $SO_2 + Cl_2 \rightarrow SO_2Cl_2$
- $SO_2Cl_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2HCl$
- $SO_2 + 2HNO_{3(конц.)} \rightarrow H_2SO_4 + 2NO_2$
- $4H_2SO_{4(разб.)} + Ba_3P_2 \rightarrow 3BaSO_4 + 2PH_3$

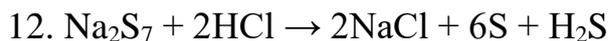
Также можно принимать реакции, в которых участвует концентрированная серная кислота. Тогда в продуктах должно быть указано вещество, в котором у фосфора положительная степень окисления (H_3PO_2 , H_3PO_3 , H_3PO_4).

- $BaSO_4 + 4C_{(изб.)} \rightarrow BaS + 4CO$

Нельзя принимать реакцию, если в продуктах указан CO_2 , т.к. в условии сказано, что уголь берется в избытке.

- $BaS + 2H_2O \rightarrow Ba(OH)_2 + H_2S$
- $BaS + H_2SO_{4(разб.)} \rightarrow BaSO_4 + H_2S$
- $H_2S + 2NaOH \rightarrow Na_2S + 2H_2O$
- $2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$
- $Na_2S + 6S \rightarrow Na_2S_7$

При взаимодействии Na_2S_7 и соляной кислоты протекает реакция:



3) Система оценивания:

а) За каждое правильно угаданное вещество даётся 1 балл. Если вывод X_8 не подтвержден расчетом, то даже за правильно написанную формулу вещества следует поставить 0 баллов. За все вещества максимум можно получить 8 баллов.

б) За каждое правильно уравнение реакции даётся 1 балл. За все реакции максимум можно получить 12 баллов.

Итого: 20 баллов

Задача №6

Ниже представлена периодическая система Д. И. Менделеева 1871 года. Как видно, далеко не все элементы были открыты на тот момент. Однако Дмитрию Ивановичу удалось предсказать не только их положение, но и свойства. Чтобы дать предсказанным элементам «временные» названия, Менделеев использовал приставки «эка», «дви» и «три», в зависимости от того, на сколько позиций вниз от уже открытого элемента с похожими свойствами находился предсказанный элемент.

Reihen	Gruppe I. — R'O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R'O ³	Gruppe IV. RH ⁴ RO ⁴	Gruppe V. RH ⁵ R'O ⁵	Gruppe VI. RH ⁶ RO ⁶	Gruppe VII. RH R'O ⁷	Gruppe VIII. — RO ⁴
1	II=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	So=73	Br=80	
6	Rb=86	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

1) Напишите современные обозначения следующих элементов: экаалюминия, экабора, экасилиция, экамарганца.

2) Напишите уравнения реакций горения простых веществ, образованных этими элементами, в избытке кислорода.

3) Принимая во внимание, что экаалюминий и экабор проявляют похожие химические свойства, что и алюминий, напишите уравнения реакций растворения простых веществ, образованными этими элементами в а) в разбавленном растворе соляной кислоты; б) концентрированном растворе щёлочи.

4) В отличие от кремния, экакремний растворяется в растворе щёлочи, но только в присутствии окислителя, например перекиси водорода. Напишите соответствующее уравнение реакции. Как называется образующаяся соль?

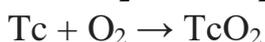
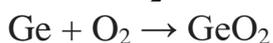
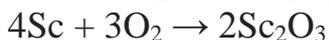
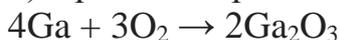
5) При растворении экамарганца в 30%-ной азотной кислоте образуется кислота X, содержащая 60,37% экамарганца по массе. Запишите соответствующее уравнение реакции. Как называется эта кислота?

Решение:

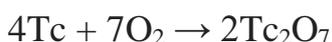
1) Ga – экаалюминий; Sc – экабор; Ge – экасилиций; Tc – экамарганец.

по 1 баллу за элемент

2) Уравнения реакций горения в избытке кислорода:

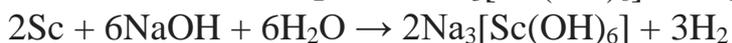
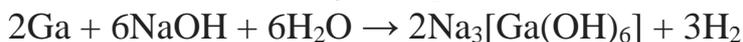
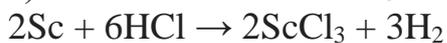
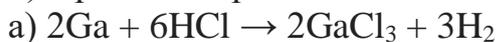


ИЛИ

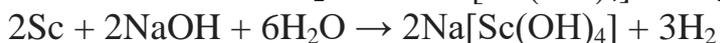
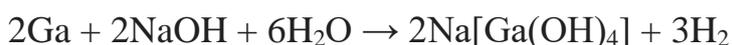


по 1 баллу за реакцию

3) Уравнения реакций:



ИЛИ



ИЛИ



по 1 баллу за реакцию



Na_2GeO_3 – германат натрия

уравнение – 2 балла, название – 2 балла



HTcO_4 – технециевая кислота

уравнение – 2 балла, название – 2 балла

(образование NO_2 – 0 баллов)

ИТОГО: 20 баллов

Задача №2

Энергия ионизации – это энергия необходимая для удаления наименее связанного электрона из атома или иона, находящихся в газообразном состоянии. Для многоэлектронного атома существуют также понятия второго, третьего и т. д. ионизационных потенциалов, представляющих собой энергию удаления электрона от его свободных невозбуждённых катионов с зарядами +1, +2 и т. д. Чем выше энергия ионизации, тем труднее удалить электрон. Ниже представлены потенциалы ионизации (I_1 - I_6 , кДж/моль) двух атомов **К** и **М**:

Атом	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
К	1086.5	2352.6	4620.5	6222.7	37831	47277
М	786.5	1577.1	3231.6	4355.5	16091	19805

- 1) По представленным выше данным определите, какой группе и подгруппе принадлежат элементы **К** и **М**? Почему?
- 2) Определите элементы **К** и **М**, если известно, что плотность газообразного водородного соединения, образованного элементом **М** в два раза больше плотности газообразного водородного соединения, образованного элементом **К**.
- 3) Простые вещества, образованные элементами **К** и **М** реагируют между собой с образованием бинарного вещества, обладающего очень высокой твёрдостью и достаточно высокой химической инертностью. Напишите уравнение реакции его получения (*реакция 1*). Какое тривиальное название этого вещества?
- 4) Особую важную роль в производстве полупроводников играет сверхчистое вещество, образованное элементом **М**. Для этого исходное простое вещество вводят в реакцию с избытком хлора (*реакция 2*) с образованием вещества **N**, а затем восстанавливают высокочистым металлом **Z** (*реакция 3*). Известно, что для восстановления 1,0000 г **N** требуется 0,7647 г металла **Z**. Определите вещества **N**, **Z**. Напишите необходимые уравнения реакций.

Решение:

- 1) Принадлежат IVA группе. 2 балла
Т.к. при отрыве 5 электрона происходит резкий скачок потенциала ионизации. 2 балла
- 2) Т.к. элементы принадлежат IVA подгруппе, то образуют водородные соединения MH_4 и KH_4 . Тогда,
$$\frac{M(M) + 4}{M(K) + 4} = 2 \Rightarrow M(M) = 2M(K) + 4$$
 2 балла

Такому отношению отвечают только кремний и углерод, следовательно,	
K – C	2 балла
M – Si	2 балла
3) $\text{Si} + \text{C} \rightarrow \text{SiC}$	2 балл
SiC – карборунд	2 балл
4) $\text{Si} + 2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{SiCl}_4$	2 балл
$n\text{SiCl}_4 + 4\text{Z} \rightarrow 4\text{ZCl}_n + n\text{Si}$	
$\frac{1}{170n} = \frac{0,7647}{4M(\text{Z})} \Rightarrow M(\text{Z}) = 32,5n$	
При $n = 2$, $M(\text{Z}) = 65$ г/моль, следовательно	
Z – Zn	2 балла
	(без расчётов – 0 баллов)
$\text{SiCl}_4 + 2\text{Zn} \rightarrow 2\text{ZnCl}_2 + \text{Si}$	2 балла
	Итого: 20 баллов

Задача №3

Белые кристаллы чрезвычайно взрывоопасного вещества **X** аккуратно перенесли в прочную капсулу и резко встряхнули. После этого капсулу вскрыли и обнаружили бесцветную газовую смесь, состоящую из простых веществ **Y** и **Z** и имеющую относительную плотность по водороду равную 35,8. При внесении тлеющей лучинки в полученную смесь, наблюдали её повторное возгорание.

- 1) Определите вещества **Y** и **Z**, если дополнительно известно, что молярная масса вещества **Y** больше молярной массы вещества **Z**. Рассчитайте состав вещества **X**. Напишите уравнение реакции разложения вещества **X**.

Вещество **X** получают контролируемым гидролизом фторида **A₁** ($\omega(\text{F}) = 46,53\%$), при этом в качестве промежуточных продуктов можно выделить оксофториды **A₂** ($\omega(\text{F}) = 34,08\%$) и **A₃** ($\omega(\text{F}) = 18,91\%$).

- 2) Рассчитайте состав веществ **A₁-A₃**. Напишите уравнения реакций гидролиза вещества **A₁** до веществ **X**, **A₂**, **A₃**.

Решение:

- 1) Так как при разложении вещества **X** образуются только простые вещества, следовательно, вещество **X** – бинарное.
 $M(\text{смеси}) = 35,8 \times 2 = 71,6$ г/моль. 1 балл

Так как смесь поддерживает горение, то газ **Z** – **O₂** 2 балла

Тогда $M(Y) > 71,6$, такому условию отвечает Хе, следовательно,

Y – **Xe** 2 балла

Рассчитаем состав газовой смеси:

$$\begin{cases} 71,6 = 131\varphi(\text{Xe}) + 32\varphi(\text{O}_2) \\ 1 = \varphi(\text{Xe}) + \varphi(\text{O}_2) \end{cases} \begin{cases} \varphi(\text{Xe}) = 0,4 \\ \varphi(\text{O}_2) = 0,6 \end{cases}$$

Т.е. $\nu(\text{Xe}) : \nu(\text{O}_2) = 2:3$

Следовательно, **X** – **XeO₃** 4 балла

(без расчёта – 0 баллов)

Уравнение реакции разложения:



2) Выведем **A₁**, который представляет собой фторид ксенона - **XeF_n**:

$$0,4653 = \frac{19n}{19n + 131} \Rightarrow n = 6$$

Тогда **A₁** - **XeF₆** 2 балла

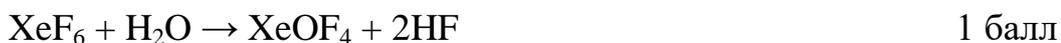
Так **A₂** и **A₃** – промежуточные продукты гидролиза, то это могут быть только **XeO₂F₂** ($\omega(\text{F}) = 18,91\%$) и **XeOF₄** ($\omega(\text{F}) = 34,08\%$), следовательно,

A₂ – **XeOF₄** 2 балла

A₃ – **XeO₂F₂** 2 балла

(**A₁**-**A₃** без расчётов – 0 баллов)

Уравнения реакций гидролиза:



Итого: 20 баллов

Задача №5

Неустойчивое вещество **A** красно-оранжевого цвета образуется при пропускании газа **B** через жидкое вещество **C**. При разложении 4,62 г **A** образуется 2,8 г удобрения **D** и 1,26 г воды, а также выделяется газ **E**, других продуктов не образуется (*реакция 1*). Вещество **D** (массовые доли входящих в состав элементов относятся как 1 : 7 : 12) при дальнейшем нагревании разлагается на газ **G** и воду (*реакция 2*). Ещё про вещество **D** известно, что оно способно реагировать с раствором вещества **J** (*реакция 3*), при этом выделяется **C** в газообразном состоянии. Вещество **J** образуется вместе с **E** при гидролизе (*реакция 4*) бинарного соединения **H** (массовая доля одного из элементов равна 55,17%), в состав веществ **A** и **H** входит одинаковый анион.

Бинарное соединение **Н** и газ **Е** образуются при взаимодействии **В** и твердого **Г** (*реакция 5*), которое применяется для регенерации воздуха (*реакция 6*). Газы **В**, **Е**, **Г** бесцветны и поддерживают горение, наименьшей молекулярной массой среди них обладает **Е**.

- 1) Определите все упомянутые в задаче вещества. Приведите необходимые расчеты.
- 2) Напишите уравнения реакций, упоминаемых в задаче.
- 3) Каков цвет вещества **Н**? Обоснуйте свой ответ.

Решение:

- 1) Бесцветные газы, поддерживающие горение – O_2 , O_3 , N_2O . Наименьшее значение молекулярной массы среди них у кислорода, следовательно, вещество **Е** – кислород O_2 .
- 2) Удобрением **Д**, при разложении которого образуется газ, поддерживающий горение, является нитрат аммония NH_4NO_3 , что можно проверить расчетом массовых долей ($\omega(H) = 5,00\%$; $\omega(N) = 35,00\%$; $\omega(O) = 60,00\%$; если поделить эти доли на пять, то получится указанное в задаче соотношение). Следовательно, газ **Г** – N_2O . Оставшийся газ **В** – озон O_3 .
- 3) В ходе **реакции 1** образуется кислород (**Е**). Можно найти его массу:

$$m(O_2) = m(A) - m(NH_4NO_3) - m(H_2O) = 4,62 - 2,8 - 1,26 = 0,56 \text{ (г)}$$

Теперь можно найти количества веществ продуктов разложения вещества **А**:

$$n(NH_4NO_3) = 2,8 \text{ г} : 80 \text{ г/моль} = 0,035 \text{ моль}$$

$$n(H_2O) = 1,26 \text{ г} : 18 \text{ г/моль} = 0,07 \text{ моль}$$

$$n(O_2) = 0,56 \text{ г} : 32 \text{ г/моль} = 0,0175 \text{ моль}$$

Можно найти количества веществ атомов водорода, кислорода и азота, входящих в состав вещества **А**:

$$n(H) = 4 \cdot 0,035 \text{ моль} + 2 \cdot 0,07 \text{ моль} = 0,28 \text{ моль}$$

$$n(O) = 3 \cdot 0,035 \text{ моль} + 1 \cdot 0,07 \text{ моль} + 2 \cdot 0,0175 \text{ моль} = 0,21 \text{ моль}$$

$$n(N) = 2 \cdot 0,035 \text{ моль} = 0,07 \text{ моль}$$

- 4) Количество веществ атомов водорода, кислорода и азота относятся как $0,28 : 0,21 : 0,07 = 4 : 3 : 1$. Следовательно, простейшая формула вещества

A – NH_4O_3 . С учетом того, что строение вещества ионное, и вещество неустойчиво, можно сделать вывод, что **A** – озонид аммония.

- 5) В состав вещества **H** входит озонид-анион. Рассмотрим два варианта, когда указанная массовая доля (55,17%) является массовой долей кислорода, или другого элемента. Скорее всего это озонид какого-то металла, обозначим его $\text{Me}(\text{O}_3)_x$, где x – валентность металла. Сначала проверим вариант, когда массовая доля кислорода равна 55,17%.

x	$\omega(\text{O})$	$M(\text{Me}(\text{O}_3)_x)$	$M(\text{Me})$	Me
1	55,17%	$48 : 0,5517 = 87$	$87 - 48 = 39$	К
2		$96 : 0,5517 = 174$	$174 - 96 = 78$	–
3		$144 : 0,5517 = 261$	$261 - 144 = 117$	–

Теперь рассмотрим случай, когда массовая доля металла равна 55,17%. Массовая доля кислорода тогда составляет ($100\% - 55,17\% = 44,83\%$).

x	$\omega(\text{O})$	$M(\text{Me}(\text{O}_3)_x)$	$M(\text{Me})$	Me
1	44,83%	$48 : 0,4483 = 107$	$107 - 48 = 59$	–
2		$96 : 0,4483 = 214$	$214 - 96 = 118$	–
3		$144 : 0,4483 = 321$	$321 - 144 = 177$	–

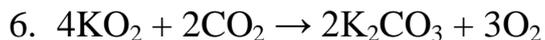
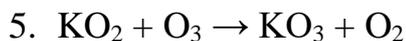
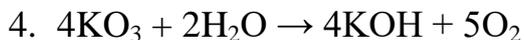
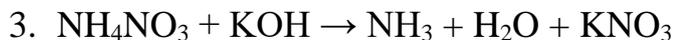
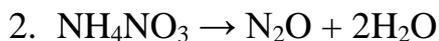
Таким образом, вещество **H** – озонид калия KO_3 .

- б) При гидролизе озонида калия образуются кислород (**E**) и гидроксид калия (**J**). Гидроксид калия вытесняет из раствора аммиак (**C**) при взаимодействии с нитратом аммония (**D**). Так как **I** применяется для регенерации воздуха, и из него можно получить озонид калия, то можно сделать вывод, что **I** – надпероксид калия KO_2 .

Итого, все вещества:

A	B	C	D	E	G	J	H	I
NH_4O_3	O_3	NH_3	NH_4NO_3	O_2	N_2O	KOH	KO_3	KO_2

7) Упомянутые в тексте задачи реакции:



8) Озонид калия KO_3 (**H**) так же, как и озонид аммония будет иметь красно-оранжевую окраску за счет наличия озонид-аниона, катионы калия не влияют на окраску твердых солей и их растворов.

Система оценивания:

1) Каждое вещество – по 1 баллу (всего 9 баллов).

2) Расчеты, требуемые для определения формул веществ А и Н, - по 1 баллу (всего 2 балла).

3) Реакции №2-5 – по 1 баллу, реакции №1 и №6 – по 2 балла (всего 8 баллов).

4) Правильно названная окраска вещества Н при условии наличия объяснения – 1 балл.

Итого: 20 баллов

Примечание. Задача может быть решена другими рациональными способами.