

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

2.2.3. Задания 10 класса

Задача №10-1

1. По формуле $M = E \frac{a}{\Delta T}$, где a – масса вещества на 1000 г растворителя, г:

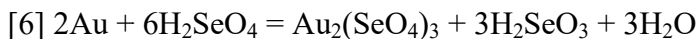
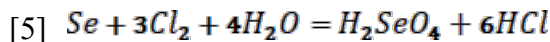
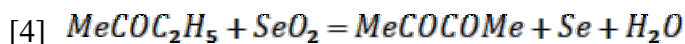
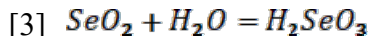
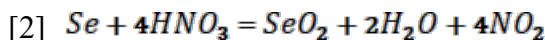
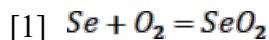
$$M(X) = 2.34 \times 5 / 0.0185 = \mathbf{632.4 \text{ г/моль}}$$

Возможные массы: $M/2 = 316.2$; $M/3 = 210.81$ (Po); $M/4 = 158.1$; $M/5 = 126.5$ (Te); $M/6 = 105.4$; $M/7 = 90.3$; $M/8 = 79$ – **селен (Se)**. Кристаллизованный из сероуглерода селен состоит из молекул **Se₈**, как и сера.

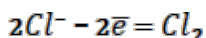
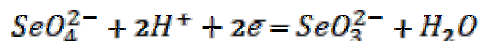
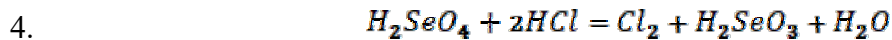
2. Из плотности по оксирану ($M=44$), получаем молекулярную массу фторида 193 г/моль – **SeF₆**. Гибридизация орбиталей – **sp³d²**. Форма молекулы – **октаэдр** (тетрагональная бипирамида).

Кислоты: **A – H₂SeO₃, B – H₂SeO₄**

3. Уравнения реакций:



(возможны другие продукты реакции, например $\text{Au}_2\text{O}(\text{SeO}_3)_2$, смешанный селенит-селенат и другие)



Стандартная ЭДС: $1.147 - 1.359 = -0.212 \text{ В}$

ЭДС в условиях опыта:

$$E = -0.212 - \frac{0.059}{4} \lg \frac{0.002 \cdot 0.01 \cdot 0.1^2}{0.1 \cdot 0.005} = -0.162 \text{ В}$$

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Расчет молярной массы	1 б.
Определение элемента X	1 б.
Определение формулы молекулы	0.5 б.
Сходство с серой	0.5 б.
Формула высшего фторида X	0.5 б.
Гибридизацию орбиталей	0.5 б.
Форма молекулы	0.5 б.
Формулы кислот A и B	0.5×2 = 1 б.
Уравнения реакций	0.5×6 = 3 б.
Уравнение реакции	0.5 б.
Расчет стандартной ЭДС	0.5 б.
Расчет ЭДС с условиями	0.5 б.
Итого	10 баллов

Задача № 10-2

амфотерными свойствами. Основой большинства драгоценных камней являются оксиды алюминия и кремния, они получаются при разложении гидроксидов H_2SiO_3 (**A**₁) и $\text{Al}(\text{OH})_3$ (**A**₂), которые соответствуют условию задачи:

$$M(\text{H}_2\text{SiO}_3) = M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \text{ моль}$$

Газами с отвратительными запахами, как правило, являются водородные соединения неметаллов, которые при сжигании образуют кислотные оксиды. Кислоты, дающие нерастворимые осадки с ионами бария и удовлетворяющие условию равенства молярных масс, – это серная кислота H_2SO_4 (**B**₁) и фосфорная кислота H_3PO_4 (**B**₂):

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 \text{ г/моль}$$

Тогда исходными газами являются сероводород H_2S (**B**₁) и фосфин PH_3 (**B**₂). При сжигании сероводорода образуется сернистый газ. Чтобы превратить его в серную кислоту, необходимо взять еще одно бинарное вещество, содержащее водород. Условию задачи удовлетворяет пероксид водорода H_2O_2 (**B**₃):

$$M(\text{H}_2\text{S}) = M(\text{PH}_3) = M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34 \text{ г/моль}$$

Нерастворимые соли, образующиеся в реакциях с гидроксидом бария, – сульфат бария BaSO_4 (**Г**₁) и гидрофосфат бария BaHPO_4 (**Г**₂):

$$M(\text{BaSO}_4) = M(\text{BaHPO}_4) = 233 \text{ г/моль}$$

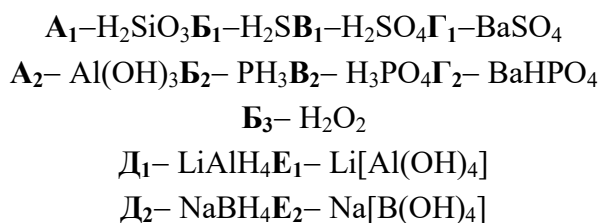
Поскольку при пропускании через раствор **E**₁ углекислого газа выпадает осадок гидроксида алюминия, логично заключить, что **E**₁ – гидроксокомплекс алюминия. Так как **D**₁ и **D**₂ используются как восстановители, а водой разлагаются, выделяя легкий горючий газ – водород, то речь идет о комплексных гидридах, среди которых наиболее распространенными являются алюмогидрид лития LiAlH_4 (**D**₁) и боргидрид натрия NaBH_4 (**D**₂):

$$M(\text{LiAlH}_4) = M(\text{NaBH}_4) = 38 \text{ г/моль}$$

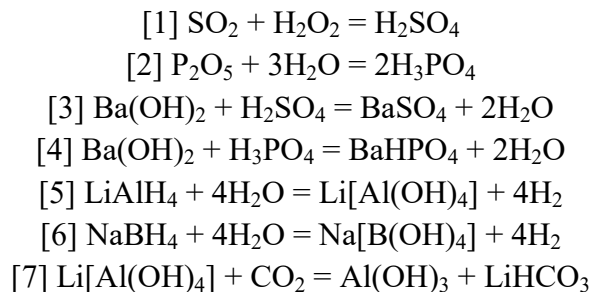
При их разложении образуются соответствующие гидроксокомплексы:

$$M(\text{Li}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = M(\text{Na}[\text{B}(\text{OH})_4]) = 102 \text{ г/моль}$$

Таким образом,



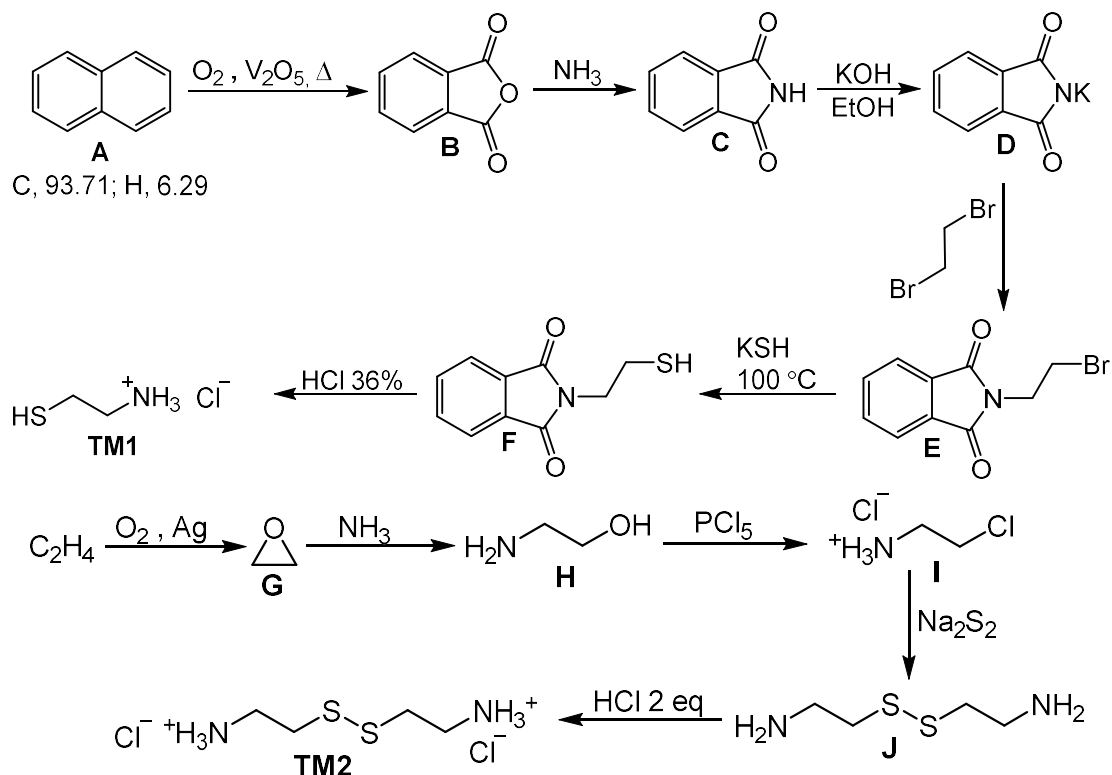
2. Уравнения реакций:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Формулы веществ	$13 \times 0,5 = 6,5$ б
Уравнения реакций	$7 \times 0,5 = 3,5$ б
Итого	10 баллов

Задача № 10-3



На основании структур TM1 и TM2 можно сделать вывод, что аминокислота X – цистеин

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Правильные структуры A - J	$10 \times 0.5 = 5$ б.
Правильные структуры TM1 и TM2	$2 \times 2 = 4$ б.
Аминокислота X	1 б.

Итого	10 баллов
--------------	------------------

Задача № 10-4

1. Пусть x – массовая доля углерода;

y – массовая доля водорода;

z – массовая доля кислорода.

Тогда:

$$\frac{x}{y} = 6,578 \rightarrow y = \frac{x}{6,578}$$

$$\frac{x}{z} = 0,817 \rightarrow z = \frac{x}{0,817}$$

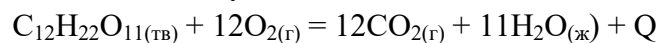
$$x + y + z = 100\% = x + \frac{x}{6,578} + \frac{x}{0,817}$$

$$x = 42,1 \%, y = 6,4 \%, z = 51,5 \%$$

$$x:y:z = \frac{42,1}{12} : \frac{6,4}{1} : \frac{51,5}{16} = 3,508:6,400:3,219$$

$$x:y:z = \frac{3,508}{3,219} : \frac{6,400}{3,219} : \frac{3,219}{3,219} = 1,09:1,99:1$$

Для округления лучше всего подходит умножение на 11.



Для полноценного термохимического уравнения не хватает тепловой энергии на 1 моль сахарозы.

$$M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 342 \text{ г/моль}, 1 \text{ моль} - 342 \text{ г сахарозы.}$$

Если при сгорании 1 г сахарозы выделяется 16,53 кДж,

то при сгорании 342 г сахарозы выделится X кДж.

$$X = 342 \cdot 16,53 = 5653,26 \text{ кДж/моль}$$



2. Учитывая, что в день человеку необходимо 2700 ккал, то найдем энергию в кДж:

$$Q = 2700 \cdot 4,184 = 11296,8 \text{ кДж};$$

Найдем массу:

$$n = \frac{11296,8}{5653} = 1,99 \text{ моль} \approx 2 \text{ моль}$$

$$m(\text{сахара}) = 342 \cdot 2 = 684 \text{ г}$$

3. Выделение тепла приведет к повышению температуры. Теплота и температура связываются следующим выражением:

$$Q = cm\Delta t$$

Необходимо учесть, что система разделяется на два компонента: воду и кости, у каждой своя теплоемкость.

$$Q = c_1 \cdot m_1 \Delta t + c_2 \cdot m_2 \Delta t$$

Так как человек – это система, изменение температуры будет одинаково для всех ее частей.

Итоговая формула для расчета будет выглядеть следующим образом:

$$\Delta t = \frac{Q}{(c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2)}$$

c_1 – теплоемкость воды: 4,184 Дж/(г·К), m_1 – масса воды: $80 \cdot 0,6 = 48 \text{ кг}$

c_2 – теплоемкость костей: 2,092 Дж/(г·К), m_2 – масса костей: $80 \cdot 0,4 = 32 \text{ кг}$

$$\Delta t = \frac{11297}{(4,184 \cdot 48 + 2,092 \cdot 32)} = 42 \text{ K}$$

Температура должна повыситься на 42 К

4. При употреблении 684 г сахара выделяется 11297 кДж энергии, чтобы их полностью переработать необходимо:

$$m = n \cdot M = 263 \cdot 18 = 4734 \text{ г} = \mathbf{4,73 \text{ кг}}$$

Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Формула сахарозы	1 б
Правильная запись термохимического уравнения	2 б
<i>Неправильно указаны или пропущены агрегатные состояния веществ – 0,5 б</i>	
<i>Неправильно указан или пропущен тепловой эффект – 0,5 б</i>	
Расчет суточного теплового эффекта в кДж	1 б
Расчет массы сахара	1 б
Вывод формулы для расчета изменения температуры	1 б
Расчет все составляющих формулы	1 б
Расчет изменения температуры	1 б
Расчет количества воды	2 б
Итого	10 баллов

Задача № 10-5

1. Молярная масса металла связана с его плотностью и объемом V элементарной ячейки следующим соотношением:

$$M = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{Z}$$

В гексагональной решетке на одну ячейку приходится $Z = 6$ атомов. Площадь правильного шестиугольника со стороной a : $S = 3\sqrt{3} \cdot a^2 / 2$, объем элементарной ячейки:

$$V = 3\sqrt{3} \cdot a^2 c / 2 = 3\sqrt{3} \cdot (2.706)^2 \cdot 4.268 / 2 = 81.2 \text{ Å}^3 = 81.2 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3.$$

Тогда, молярная масса M :

$$M = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{Z} = 12.41 \cdot 81.2 \cdot 10^{-24} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 6 = 101.1 \text{ г/моль} - \text{это рутений Ru}$$

Молярная масса соли А равна $101 / 0.4866 = 207.5 \text{ г/моль}$, что соответствует RuCl_3

Для вещества Б сумма массовых долей меньше 100%, остаток (5.84%), скорее всего, приходится на водород. Тогда соотношение молей элементов:

$$\begin{aligned} n(\text{Ru}): n(\text{O}): n(\text{Cl}): n(\text{N}): n(\text{H}) &= \frac{0.3531}{101} : \frac{0.1118}{16} : \frac{0.2483}{35.5} : \frac{0.2284}{14} : \frac{0.0584}{1} = \\ &= 0.0035 : 0.007 : 0.007 : 0.016 : 0.0584 = 3 : 6 : 6 : 14 : 50 \end{aligned}$$

Простейшая формула $\text{Ru}_3\text{Cl}_6\text{O}_6\text{N}_{14}\text{H}_{50}$, что соответствует пику молекулярного иона 858 г/моль.

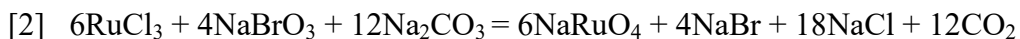
Бромат натрия является сильным окислителем, рутений должен перейти в высокую степень окисления. Есть два варианта: +6 или +7, но в условии сказано об однозарядном анионе, поэтому подойдет перрутеноат RuO_4^- , следовательно

B = NaRuO₄

Таким, образом,



Уравнения реакций



2. Рассчитаем изотоническое давление в растворе вещества Б без учета диссоциации:

$$\pi = CRT = 0.00858/(858 \cdot 0.1) \cdot 8.314 \cdot 298 = 0.2478 \text{ кПа}$$

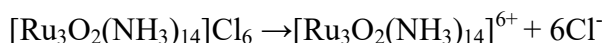
$$\text{Изотонический коэффициент } i = 1.734 / 0.2478 = 7$$

Это означает, что данное соединение диссоциирует в растворе на 7 ионов.

Очевидно, что комплекс содержит аммиак, а также кристаллизационную воду (потеря массы при 150°C), количество которой найдем по уменьшению массы: $858 \cdot 0.0839 = 72$, что соответствует 4 молекулам воды. С учетом этого, истинная формула вещества:

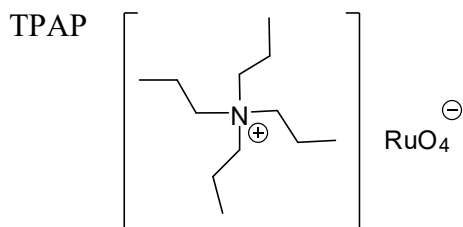
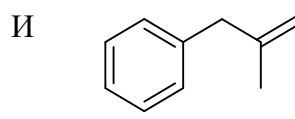
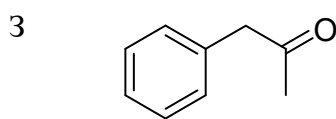
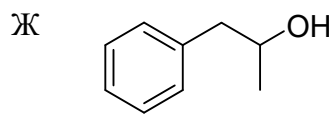
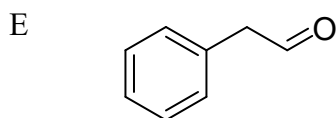
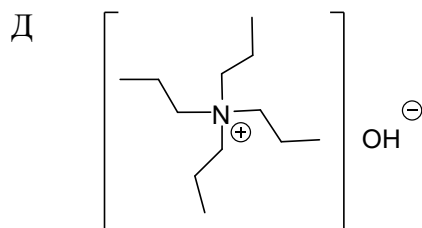
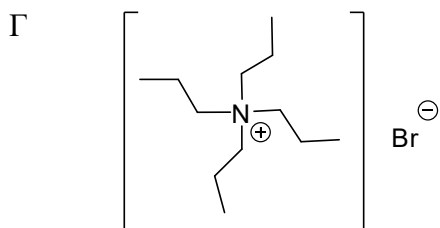


Уравнение диссоциации:



3. При действии избытка пропилбромид на аммиак образуется бромид тетрапропиламмония Г, который при обработке водной суспензией оксида серебра переводят в гидроксид тетрапропиламмония Д. Реакция вещества Д с перрутеном натрия является реакцией обмена и приводит к **перрутенату тетрапропиламмония** $(\text{C}_3\text{H}_7)_4\text{N}^+\text{RuO}_4^-$ (ТРАР). ТРАР мягко окисляет первичные спирты до альдегидов, а вторичные – до кетонов. Реакция альдегида Е с реактивом Гриньяра дает вторичный спирт Ж, который окисляется до кетона З, далее вступающего в реакцию Виттига.

Структурные формулы веществ:



Система оценивания

Элемент ответа	Баллы
Металл М и брутто-формулы солей Б и В	3×1 = 3 б
Формула А	0,5 б
Уравнения реакций 1 и 2.	2×0,5 = 1 б
Изотонический коэффициент	0,5 б
Формула комплекса Б ,	0,5 б

Уравнение диссоциации Б в растворе.	0,5 б
Структурные формулы веществ Г–И и ТРАР.	7×0,5 = 3,5 б
Название (расшифровка) ТРАР	0,5 б
Итого	10 баллов