

Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по химии
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2025–2026 учебный год
11 класс
Анализ (разбор) олимпиадных заданий по химии

Задание 1. Химический синтез органических веществ из неорганических (15 баллов)

Химический синтез органических веществ из неорганических — это процесс, при котором органические соединения получают путём преобразования неорганических веществ с помощью химических реакций. Цель — получение веществ с ценными физическими, химическими и биологическими свойствами или проверка предсказаний теории. С помощью данного синтеза в лабораторных и промышленных масштабах получают химические вещества для различных сфер жизни человека.

Какими способами, используя в качестве исходных веществ (кокс, сухой лед, вода и другие вещества (укажите какие?)) можно синтезировать метилформиат и этилацетат? Напишите и объясните уравнения соответствующих реакций. Как называется процесс получения метилформиата и этилформиата? Напишите уравнение этого процесса с участием изотопа кислорода (O^{18}). Приведите пример первого синтеза органического вещества из неорганического (дата, ученый, название, уравнение реакции).

Система оценивания:

№	Элементы решения	баллы
1	При пропускании CO_2 над раскаленным коксом получается CO $C + CO_2 = 2CO$	1 балл
2	при нагревании действуют на едкий натр: $CO + NaOH = HCOONa$ формиат натрия	1 балл
3	Полученный формиат натрия разлагают соляной кислотой, перегонкой выделяя муравьиную кислоту. $HCOONa + HCl = NaCl + HCOOH$ Или Окисление метанола Реакция с использованием сильных окислителей (или с кислородом) $CH_3OH + [O] \rightarrow HCOOH + H_2O$ $2 CH_3OH + O_2 \rightarrow 2 HCOOH + 2 H_2O$	1 балл
4	Если над раскаленным коксом пропускать пары воды, то образуется водяной газ, из которого после обогащения смеси водородом получают метанол Реакция протекает по схеме: $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ - 1 балл $CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$ - 1 балл При взаимодействии муравьиной кислоты с метиловым спиртом образуется метилформиат $HCOOH + CH_3OH \rightleftharpoons HCOOCH_3 + H_2O$ - 1 балл Или Карбонилирование метанола (получение метилформиата): $CH_3OH + CO \rightarrow HCOOCH_3$ 1 балл	3 балла
5	Этилацетат можно получить по следующей схеме:	4 балла

	а) предварительно подействовать на метиловый спирт иодистым водородом $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HI} \rightarrow \text{CH}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O}$ 1 балл $2\text{CH}_3\text{I} + 2\text{Na} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_3 + 2\text{NaI}$ Вюрца - 1 балл $\text{CH}_3\text{CH}_3 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br} + \text{HBr}$, (h,v) 1 балл $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{NaBr}$ - 1 балл	
6	б) часть полученного этанола окислить до уксусной кислоты $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ или $5\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{MnSO}_4 + 11\text{H}_2\text{O}$ - 1 балл в) из уксусной кислоты и этанола этерификацией получить этилацетат $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} - \text{H} \end{array} + \text{H} - \text{O} - \overset{18}{\text{C}}_2\text{H}_5 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} - \overset{18}{\text{C}}_2\text{H}_5 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ схема реакции этерификации с использованием меченых атомов – 2 балла	3 балла
7	Пример: в 1828 году Фридрих Вёлер впервые из неорганических веществ получил органическое вещество животного происхождения — карбамид (мочевину)- 1 балл $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 = \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ т°, р -1 балл	2 балла

Итого: 15 баллов

Задача 2. Химические вещества. Химические вещества в пищевой промышленности (10 баллов)

Данное вещество широко известно в качестве пищевой добавки считается общепризнанным и безопасным по системе (GRAS). Ингредиент с обозначением GRAS освобождается от требований Федерального закона о пищевых добавках, лекарствах и косметике. Данное вещество в пищевой промышленности зарегистрировано в качестве пищевой добавки E517 и используется в качестве регулятора кислотности в муке и хлебе.

В ходе химического эксперимента было определено, что данное вещество содержит серу в количестве 24,24 %, Дополнительно было установлено, что атомное отношение в нем кислорода к водороду и кислорода к азоту соответственно равно 1 : 2 и 2 : 1 .Выведите формулу данного вещества.

Системы оценивания:

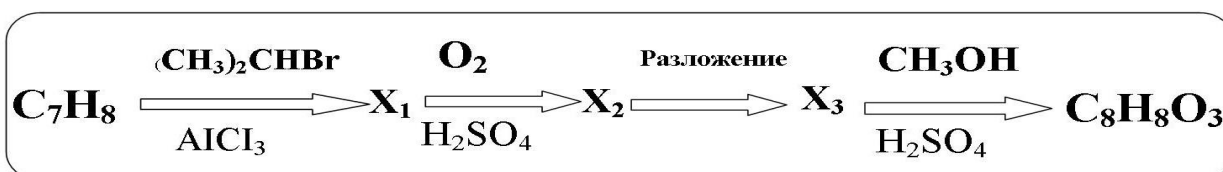
№	Элементы решения	Баллы
1	В состав вещества входят атомы серы, кислорода, водорода и азота. Введение неизвестных. Пусть x - количество атомов серы в молекуле вещества, y - количество атомов азота.	1 балл
2	Количество атомов кислорода будет 2y, а водорода - 4y.	2 балла
3	Молекулярная масса вещества равна сумме атомных масс серы (32x) 0,5 балла кислорода (16·2y) 0,5 балла водорода (1·4y) 0,5 балла азота (14y) 0,5 балла	2 балла
4	$M_{\text{в-ва}} = 32x + 16 \cdot 2y + 1 \cdot 4y + 14y = 32x + 50y$	1 балл
5	Процентное содержание серы в веществе равно $32x / (32x + 50y) = 0,2424$ $2x = y$ Если x=1, то y=2,	2 балла
6	На один атом серы приходится два атома азота, четыре атома кислорода и восемь атомов водорода.	1 балл

7	Искомая формула $\text{SN}_2\text{O}_4\text{H}_8$ или $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ Сульфат аммония	1 балл
---	--	--------

Итого: 10 баллов

Задание 3. Углеводороды Генетическая взаимосвязь классов органических веществ (24 балла)

Расшифруйте схему синтеза с указанием названия исходных веществ и всех продуктов реакций ($\text{X}_1\text{X}_2\text{X}_3$). Определите строение вещества $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$, если известно, что оно не вступает в реакцию серебряного зеркала, а при бромировании в присутствии FeBr_3 образует преимущественно одно монобромпроизводное. Запишите уравнения химических реакций. Укажите названия (реакций, продуктов реакции) при получении X_1 , X_2 X_3 . Название вещества X_1 , укажите по тривиальной и систематический номенклатуре IUPAC.



Предложите по одному названию всех продуктов, полученных в ходе превращений, в том числе вещества X_2X_3

Система оценивания:

№	Элементы решения	Баллы
1.	Толуол (метилбензол)– 1 балл. Реакция с толуолом дает смесь изомерных продуктов -1 балл	2 балла
2.	определим вещество X_1 Получение п-изопропилтолуол, (1-изопропил-4-метилбензол), цимол – по 1 баллу за каждое название продукта – 3 балла <u>Реакция Фриделя-Крафтса (алкилирование)</u> – 1 балл + 1 балл за <u>уравнение</u> $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{AlBr}_3} \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3 + \text{HBr}$ толуол + 2-бромпропан → цимол + бромоводород или параметилкумол	5 баллов
3.	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{AlBr}_3} \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3 + \text{HBr}$ Заместитель первого рода орто-метилкумол + бромоводород Реакция дает смесь изомерных продуктов, за уравнение - 1 балл Название продукта (орто-изопропил толуол) – 1 балл	2 балла
4.	<u>Кумольный способ получения фенолов - 1 балл</u> $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3}{\overset{\text{OOH}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$ Цимол + кислород → 2-гидроперокси-2-(пара-метилфенил) пропан Уравнение 1 балл. Продукт – 1 балл X_2 - 2-гидроперокси-2-(пара-метилфенил) пропан	3 балла
5.	Получение продуктов	2 балла

	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OOH}}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_3 \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3 + \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$ Уравнение -1 балл 2-гидроперокси-2-(пара-метилфенил) пропан → пара-крезол (пара-метилфенол) + ацетон Название продуктов по 0,5 балла	
6.	Окисление аренов в кислой среде – 1 балл $5 \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3 + 6 \text{KMnO}_4 + 9 \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{e}^-}$ $\rightarrow 5 \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH} + 3 \text{K}_2\text{SO}_4 + 6 \text{MnSO}_4 + 14 \text{H}_2\text{O}$ Уравнение – 1 балл Хз- п-гидроксibenзойная кислота - 1 балл	3 балла
7.	<u>Этерификация – 1балл</u> $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH} + \text{CH}_3-\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ <u>уравнение 1 балл</u> <u>метиловый эфир пара-гидроксibenзойной кислоты – 1 балл</u>	3 балла
8	Реакция бромирования метилового эфира пара-гидроксibenзойной кислоты - 0,5 балла протекает по следующей схеме: $\text{CH}_3\text{OCOC}_6\text{H}_4(\text{OH}) + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OCOC}_6\text{H}_3(\text{OH})(\text{Br}) + \text{HBr}$ -1 балл метиловый эфир орто бром пара-гидроксibenзойной кислоты – - 1 балл $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})(\text{Br}) + \text{HBr}$ Механизм реакции всего -1,5 балла (Электрофильное замещение в ароматическом кольце в присутствии кислоты Льюиса AlBr_3. – 0,5 балла, Гидроксильная группа (-OH) активирует орто- и пара-положения к кольцу – 0,5 балла Карбоксильная группа (-COOH) дезактивирует кольцо, но не настолько сильно, чтобы полностью предотвратить замещение – 0,5 балла)	4 балла

Итого: 24 балла

Задание 4. Аминокислоты. Белки. Гидролиз органических соединений (14 баллов)

При кислотном гидролизе некоторого трипептида массой 37,4 образовалось 2 аминокислоты с одинаковым строением массой 27,64 и одна совершенно иного строения массой 16,39. Известно, что полученные аминокислоты имеют природное происхождение. Установите структурные формулы аминокислот. Напишите все возможные структурные формулы трипептидов, которые бы при гидролизе могли давать такое соотношение аминокислот и назовите их. Указывайте единицы измерения при расчете физических величин.

Система оценивания:

№	Элементы решения	Баллы
1	Схема реакции и общие формулы аминокислот $\text{Трипептид} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2 + \text{C}_m\text{H}_{2m+1}\text{NO}_2$	2 балла
2	Расчет массы воды и ее количества: $m(\text{H}_2\text{O}) = (27,64 + 16,39) \cdot 0,368 = 16,39 \text{ г}$ $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,368 \text{ моль}$	2 балла
3	Расчет количества вещества и молярных масс аминокислот: $n(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) = 0,368 \text{ моль}$ $M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2) = 27,64 / 0,368 = 75 \text{ г/моль}$ $M(\text{C}_m\text{H}_{2m+1}\text{NO}_2) = 16,39 / 0,184 = 89 \text{ г/моль}$ $n(\text{C}_m\text{H}_{2m+1}\text{NO}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) / 2 = 0,184 \text{ моль}$	2 балла
4	Определим формулы аминокислот: $12n + 2n + 1 + 14 + 32 = 75$ $14n = 28 \quad n = 2$, аминокислота: глицин $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$ - 1 балл $12m + 2m + 1 + 14 + 32 = 89$ $14m = 42 \quad m = 3$, аминокислота: аланин $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ - 1 балл	2 балла
5	Запишем формулы возможных трипептидов: $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{C}(\text{O})\text{NHCH}(\text{CH}_3)\text{C}(\text{O})\text{NHCH}_2\text{COOH}$ глицилаланилглицин - 2 бала $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{C}(\text{O})\text{NHCH}_2\text{C}(\text{O})\text{NHCH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ глицилглицилаланин - 2 балла $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{C}(\text{O})\text{NHCH}_2\text{C}(\text{O})\text{NHCH}_2\text{COOH}$ аланилглицилглицин - 2 балла	6 баллов

Итого: 14 баллов

Задание 5. Тепловой эффект химической реакции (17 баллов)

Тепловой эффект химической реакции играет важную роль в развитии промышленных синтезов. Для измерения количества теплоты, выделяющейся или поглощающейся в химических процессах используется специальный прибор калориметр с его помощью можно, изучить энтальпию реакций, определить теплоту растворения, узнать, сколько тепла выделяется при сгорании топлива или сколько энергии поглощается при плавлении вещества. Смесь, состоящую из кислорода и этана, с плотностью по водороду 15,6 в толстостенном металлическом сосуде поместили в специальный прибор, калориметр, позволяющий точно измерить количество теплоты выделившейся при реакции. Смесь газов в сосуде воспламенили, и оказалось, что при реакции выделилось 9,1 кДж теплоты. а) Определите состав исходной смеси газов (объемные доли). Достаточно ли кислорода для полного сгорания этана? Ответ подтвердите расчетом. б) Определите тепловой эффект реакции горения этана, если объем смеси был равен 0,56 л (н.у.). Напишите термохимическое уравнение этой реакции. в) Определите состав газовой смеси в сосуде после реакции, когда его охладили до 0°C.

Система оценивания:

№	Элементы решения	Баллы
1	Средняя молярная масса смеси: $M(c) = M(\text{H}_2) \cdot D_{\text{H}_2} = 2 \cdot 15,6 = 31,2$ -1 балл	1 балл
2	Исходя из состава смеси, она может быть посчитана по формуле: $M(c) = M_1 \cdot x + M_2 \cdot (1-x)$, где - молярные массы компонентов смеси, а x – мольная доля первого компонента – 2 балла	2 балла
3	Для смеси получаем уравнение: $M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28 \text{ г/моль}$ $M(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль}$ $28x + 32(1-x) = 31,2$, откуда $4x = 0,8$; $x = 0,2$ 2 балла	2 балла
4	Для газов мольные доли равны объемным долям, поэтому, состав исходной смеси: $\varphi(\text{C}_2\text{H}_4) = 0,2 = 20\%$; $\varphi(\text{O}_2) = 80\%$ -1 балл	1 балл

5	Уравнение реакции: $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$ -1 балл	1 балл
6	По уравнению на 1 объем этена необходимо взять 3 объема кислорода. В нашей смеси на 1 объем этена приходится 4 объема кислорода. Поэтому кислорода будет достаточно для полного протекания реакции.	1 балл
7	Общее количество вещества газов смеси $n(c) = V/V_M = 0,56/22,4 = 0,025$ моль	1 балл
8	$n(C_2H_4) = 0,025 \cdot 0,2 = 0,005$ моль Тепловой эффект реакции, согласно уравнению, количество теплоты, выделившейся при сгорании 1 моль этена,	1 балл
9	$Q = q/n(C_2H_4) = 9,1/0,005 = 1820$ кДж - 1 балл	1 балл
10	Термохимическое уравнение: $C_2H_{4(г)} + 3O_{2(г)} = 2CO_{2(г)} + 2H_2O_{(ж)} + 1820$ кДж - 1балл	1 балл
11	По уравнению реакции, после окончания газовая смесь будет содержать углекислый газ (0,5 балла) и избыток кислорода (вода при 0°C будет в конденсированном состоянии).(0,5 балла)	1 балл
12	Определим состав газовой смеси после реакции Определим количества вещества: так как $n(C_2H_4) = 0,005$ моль, то $n(CO_2) = 2n(C_2H_4) = 0,01$ моль, - 0, 5 балла $n(O_{2(изр)}) = 3n(C_2H_4) = 3 \cdot 0,005 = 0,015$ моль; - 1 балл $n(O_{2(ост)}) = n(c) - n(C_2H_4) - n(O_{2(изр)}) = 0,025 - 0,005 - 0,015 = 0,005$ моль; -1 балл $n(см) = n(CO_2) + n(O_{2(ост)}) = 0,01 \text{ моль} + 0,005 \text{ моль} = 0,015$ моль - 0, 5 балла	3 балла
13	Мольные (и равные им объемные) доли газов: - 0,5 за каждый $\varphi(CO_2) = n(CO_2) / n(см) = 0,01/0,015 = 0,667 = 66,7\%$; $\varphi(O_2) = 100\% - 66,7\% = 33,3\%$	1 балл

Итого:17 баллов

Задание 6. Спирты. Химические свойства спиртов (12 баллов)

Пары этилового спирта пропустили через нагретую до 130°C концентрированную серную кислоту, при этом получили газо-паровую смесь с плотностью по водороду 16,43. Определите выход каждого из двух полученных органических продуктов в расчете на взятый этанол, если известно, что он прореагировал на 90 %. Растворимостью веществ в серной кислоте пренебречь.

Система оценивания:

№	Элементы решения	Баллы
1	Пусть количество вещества этилового спирта было 1 моль. Принять за x количество вещества спирта, превратившегося в этилен и за y — количество вещества спирта, превратившегося в простой эфир.	2 балла
2	уравнения $\begin{array}{ccccccc} x & & & & & & \\ C_2H_5OH & \rightarrow & C_2H_4 & + & H_2O & & \\ & & x & & x & & \end{array}$ $\begin{array}{ccccccc} y & & & & & & \\ 2 C_2H_5OH & \rightarrow & C_2H_5OC_2H_5 & + & H_2O & & \\ & & 0,5y & & 0,5y & & \end{array}$	2 балла
3	В реакции вступило 0,9 моль спирта и образовавшаяся газо-паровая смесь содержала 0,1 моль оставшегося спирта, x моль этилена, $0,5y$ моль	2 балла

	диэтилового эфира и $x + 0,5y$ моль воды.	
4	$M_{\text{ср.}}(\text{газовой смеси}) = 16,43 \cdot 2 = 32,86 \text{ г/моль}$. $M(\text{водорода}) = 2 \text{ г/моль}$	1 балл
5	Суммарное количество веществ в газопаровой смеси = $2x + y + 0,1$ моль.	1 балл
6	$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ г/моль}$ Так как масса газо-паровой смеси равна массе исходного спирта, $32,86 \cdot (2x + y + 0,1) = 46$. $2x + y + 0,1 = 46 / 32,86 = 1,4$. $2x + y = 1,3$. $x + y = 0,9$ $y = 1,3 - 2x$ $y = 1,3 - 2 \cdot (0,9 - y)$ $x = 0,9 - y$ $y = 0,5$ $x = 0,9 - 0,5 = 0,4$	2 балла
7	Определим выход этилена и простого эфира: $\eta(\text{C}_2\text{H}_4) = n(\text{спирта})/n(\text{смеси}) = 0,4 / 1 = 0,4$ или 40% $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5) = n(\text{простого эфира})/n(\text{смеси}) = 0,5 / 1 = 0,5$ или 50% <u>Ответ:</u> $\eta(\text{C}_2\text{H}_4) = 40 \%$; $\eta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5) = 50 \%$.	2 балла

Итого: 12 баллов

Задание 7. Электролиз растворов и расплавов. Получение химических веществ электролизом (8 баллов)

Электролиз растворов и расплавов играет важную роль в развитии химической промышленности. Этот окислительно-восстановительный процесс, протекающий на электродах при прохождении постоянного электрического тока через раствор или расплав электролита, позволяет осуществлять химические реакции с помощью электрического тока. Определите массу никеля, которая может выделяться при электролизе раствора нитрата никеля (II) за 30 минут при силе тока 0,5 А. Выход металла по току составляет 80 %.

Система оценивания:

№	Элементы решения	Баллы
1	схема электролиза: Катод: $\text{Ni}^{2+} + 2 \bar{e} \rightarrow \text{Ni}^0 \downarrow$ Анод: $2 \text{H}_2\text{O} - 4 \bar{e} \rightarrow \text{O}_2 \uparrow + 4 \text{H}^+$ $\cdot \left \begin{array}{l} 2 \\ 2 \end{array} \right.$	1 балл
2	Суммарное уравнение $2 \text{Ni}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Ni}^0 \downarrow + \text{O}_2 \uparrow + 4 \text{H}^+$	1 балл
3	$2 \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Ni}^0 + \text{O}_2^0 + 4 \text{HNO}_3$	1 балл
4	Одновременно с этим процессом происходит электролиз воды. Это причина того, что выход никеля по току составляет не 100 %, а 80 %.	2 балла
5	Находим массу никеля ($t = 30 \cdot 60 = 1800$ сек, $n_{\bar{e}} = 2$): $m(\text{Ni}) = \frac{M(\text{Ni})}{F \cdot n_{\bar{e}}} I t = 59 \cdot 0,5 \cdot 1800 / (96500 \cdot 2) = 0,275 \text{ г.}$	2 балла

6	$m(\text{Ni})_{\text{практическая}} = 0,275 \cdot 0,8 = 0,22 \text{ г.}$	1 балл

Итого: 8 баллов

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Итого
Максимальное кол-во баллов	15	10	24	14	17	12	8	100