



БОЛЬШАЯ ОЛИМПИАДА РОСХИМ

Комплект заданий для обучающихся 7-8 класса

2023-2024 учебный год

Дорогой друг!

Мы очень рады, что ты решил проявить себя в олимпиадном движении по химии. Это увлекательный путь к самосовершенствованию, развитию кругозора и лучшему пониманию мира, в котором мы живём.

Обратите внимание: решение каждой задачи оформляется на выданных листах, не забудьте указать номер задачи и вопроса, ответ на который вы приводите. Пишите разборчиво; учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе; не забывайте о подтверждении расчетами, где это необходимо. Время выполнения работы составляет 3 часа 55 минут.

Будьте уверены: каждый из вас может решить какую-то часть задачи. При возникновении трудностей переходите к следующим заданиям – вернетесь в конце, если у вас останется время.

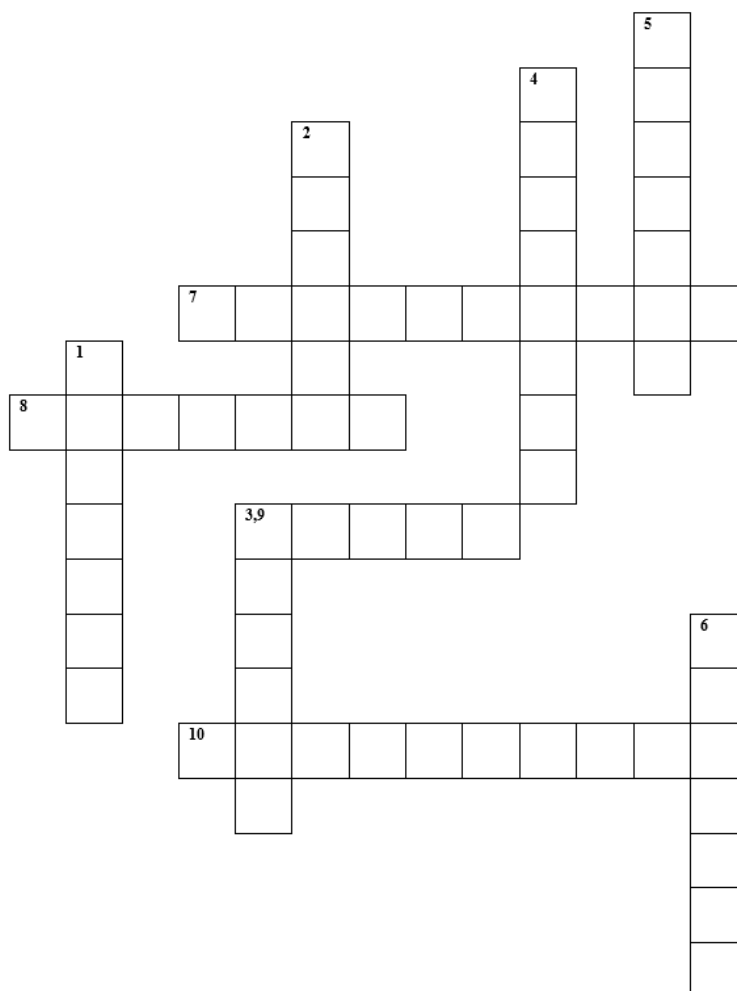
Желаем вам интересной олимпиады и плодотворного участия!



Партнёр олимпиады – Министерство образования и науки РБ

Задача 1. Содовый кроссворд (10 баллов)

В этом задании мы предлагаем вам разгадать кроссворд, посвященный производствам Башкирской содовой компании. Перечерчивать кроссворд не нужно, перепишите ответы в бланк в формате «номер – слово». Все слова указывать в именительном падеже.



1. Самый узнаваемый современный продукт БСК – [...] сода, поставляемая в фирменной желто-оранжевой упаковке, регулярное производство которой было налажено в 1960-е годы.
2. В апреле 1952 года получили первую партию этого сыпучего материала, который требовался крупномасштабно строящейся стране в огромных объемах. В его составе – сложная смесь оксидов кальция, алюминия, железа и кремния, а также гипс.
3. В тяжелый 1941 год началось строительство предприятия по производству каустической соды, а первую ее партию получили в 1945 году. С химической точки зрения, каустическая сода представляет собой сухую щелочь, гидроксид этого металла.

4. Регулярное производство кальцинированной соды было налажено только в 1951 году. Несмотря на похожие названия с содой каустической, она представляет собой совсем другой класс химических веществ – соль натрия с этим анионом.
5. В 80-90-х годах было начато производство *белой сажки*, используемой в качестве наполнителя при производстве различных полимерных материалов. *Белая сажка* – оксид этого элемента, получаемый осаждением кислотой из раствора силиката натрия.
6. БСК – единственный в нашей стране производитель анодов с покрытием из этого металла, открытого русским химиком К. Клаусом и названным в честь России.
7. Каустическую соду получают в ходе этого процесса с использованием поваренной соли, при этом образуются побочные продукты – водород и хлор, которые в 1966 году стали использовать для производства поливинилхлорида (ПВХ).
8. Помимо использования в производстве ПВХ, из хлора также получают одно из важнейших веществ химической промышленности, которое можно найти в любой школьной лаборатории – соляную [...].
9. Причиной для основания завода в Стерлитамаке стали расположенные близ Ишимбая месторождения каменной соли, а также этого жидкого вещества. Один из продуктов его переработки – этилен – тоже используется в производстве поливинилхлорида.
10. Один из продуктов «Каустика» для быта – белизна, в состав которой входит эта соль натрия, содержащая в своем составе хлор и кислород, обладающая отличными дезинфицирующими свойствами.

Задача 2. Агрохимия (10 баллов)

Метионин – незаменимая аминокислота, которая играет важную роль в обмене веществ, принимая участие в синтезе ряда витаминов, гормонов и ферментов (например, гемоглобина и адреналина). Её используют в составе кормовой добавки для обогащения и балансирования рационов животных. Единственным производителем метионина в России является завод «Волжский Оргсинтез» АО «Росхим».



1. Определите формулу метионина, если известно, что он содержит 40,27 % углерода, 9,40 % азота, 7,38 % водорода по массе, а также кислород и серу, причем массовые доли последних двух равны.
2. Рассчитайте молярную массу метионина (г/моль).
3. Рассчитайте минимально необходимое количество мешков корма, необходимое для содержания 800 кур в течение месяца (30 дней), если

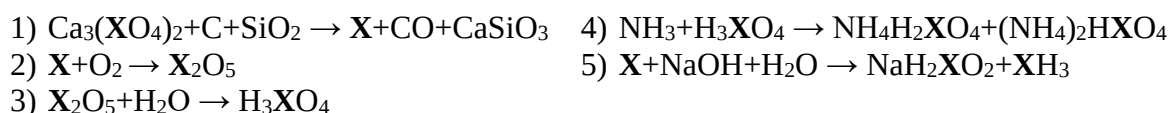
известно, что суточная потребность особи в метионине составляет 8,6 мг, а норма добавки метионина составляет 36 мг вещества на 1 кг корма. 1 мешок содержит 40 кг корма.

4. Рассчитайте количество молей и молекул метионина, которое употребляет одна птица в течение дня.
5. В соответствии с требованиями ГОСТ 23423-2017, кормовой метионин не должен содержать более 0,1 мг ртути на 1 кг метионина. Каково может быть предельно допустимое количество ртути, получаемое одной птицей с метионином за год?

Задача 3. Белое и простое (10 баллов)

Росхим выступает якорным инвестором Федерального центра химии – создаваемого в г. Усолье-Сибирское (Иркутская область) промышленного кластера в сфере развития производств импортозамещающей продукции. Одним из первых станет производство белой модификации простого вещества элемента X , который лежит в основе целой цепочки превращений востребованных веществ. Эта модификация простого вещества X известна свечением в темноте, а другая его модификация находит применение при изготовлении спичек.

Простое вещество, образованное элементом X , получают из соли кальция при её спекании с песком и углём. При сгорании простого вещества образуется гигроскопичный оксид, реагирующий с водой с образованием кислоты. Эта кислота, помимо прочего, применяется при пайке, для удаления ржавчины и в качестве регулятора кислотности (в частности, в Кока-коле). Нейтрализацией кислоты аммиаком получают удобрение, известное под названием *аммофос*. Также реакцию растворения простого вещества, образованного элементом X , в щёлочи используют для получения соли, являющейся стабилизатором поливинилхлорида. Описанные процессы можно отразить следующими схемами реакций (коэффициенты не приведены):



1. Определите степень окисления X в следующих соединениях: X_2O_5 , $\text{Ca}_3(\text{XO}_4)_2$, NaH_2XO_2 и XNH_3 .
2. Определите элемент X , если известно, что его массовая доля в образующемся оксиде составляет 43,66 %.
3. Запишите приведенные уравнения реакций с коэффициентами.
4. Какое максимальное количество простого вещества можно получить, если спекать 1 кг $\text{Ca}_3(\text{XO}_4)_2$, 1 кг угля и 1 кг SiO_2 ? Примите выход реакции равным 85 %.

Задача 4. Железо титанового кластера (10 баллов)

Предприятие «Титановые инвестиции» АО «Росхим» в Крыму – единственный в России производитель пигментного оксида титана (IV). Росхим обеспечил производство отечественным сырьём – ильменитовым концентратом – благодаря возобновлению работы Олёкминского горно-обогатительного комбината в Амурской области. В состав минерала ильменита входит и железо, поэтому продукцией титанового кластера компании также является FeSO_4 , применяемый при производстве бетонов, цемента, в электроэнергетике и цветной металлургии, а ещё его можно найти в садовом магазине – как средство защиты растений.

В ходе производственного процесса оксид железа (III), входящий в состав руды, растворяют в концентрированной серной кислоте (*реакция 1*), далее для восстановления к полученному раствору добавляют железные опилки (*реакция 2*) и выделяют продукт последовательным фильтрованием, кристаллизацией и центрифугированием.

1. Приведите формулы оксида титана (IV) и оксида железа (III).
2. Напишите уравнения реакций 1, 2.

Кристаллы продукта зеленовато-голубого цвета, помимо FeSO_4 , содержат также молекулы воды – это кристаллогидрат, число атомов водорода в котором в 1,272 раза больше атомов кислорода.

3. Установите формулу кристаллогидрата. Приведите его полное наименование по правилам химической номенклатуры, а также тривиальное (бытовое) название.



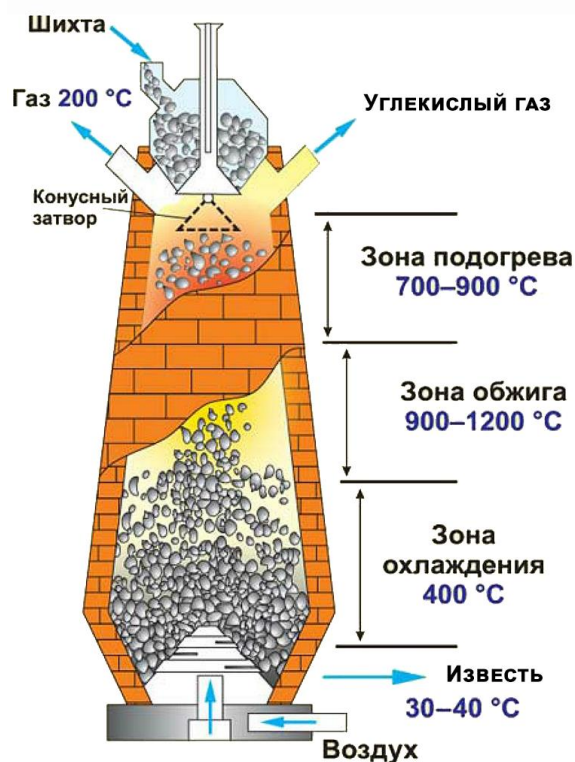
Для управления производством очень важно контролировать качество сырья, поэтому его постоянно анализируют в лабораториях отдела технического контроля. Например, обнаружить наличие сульфида железа (II) можно по его реакции с соляной кислотой (*реакция 3*): если выделяется газ с запахом тухлых яиц – проба положительна. Также важно обеспечивать контроль качества продукции. Для хранения и транспортировки продукт упаковывают в контейнеры, предохраняющие его от непосредственного взаимодействия с воздухом, поскольку это портит товар, делая его жёлтым из-за образования гидросульфата железа $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$ (*реакция 4*).

4. Приведите уравнения реакций 3 и 4 (образования $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$ из FeSO_4 на влажном воздухе).

Задача 5. Химическая технология обжига известняка (10 баллов)

Одним из сырьевых материалов производства кальцинированной соды в «Башкирской содовой компании» является известняк, основной компонент которого – карбонат кальция (массовая доля 96 %). Известняк подвергают обжигу (термическому разложению), получая негашеную известь (оксид кальция) и углекислый газ (реакция 1).

Технологический процесс обжига можно проводить в шахтной печи, представляющей собой полый цилиндр. Тепло для поддержания температуры обеспечивает сжигание антрацита (угля с содержанием углерода 92 % по массе) (реакция 2). Шихта (известняк и антрацит) подаётся в верхнюю часть печи, а известь выгружается с нижней части. По мере протекания процесса твёрдые продукты движется в шахте сверху вниз, а воздух и газообразные продукты – снизу вверх.



1. Напишите уравнения реакций 1, 2.
2. Рассчитайте минимальный массовый расход известняка, который необходимо подавать в печь в граммах в секунду, если производительность печи по негашеной извести составляет 50 тонн в сутки. Выход реакции примите 100 %.
3. Реакция разложения карбоната кальция протекает с поглощением тепла, её тепловой эффект -157 кДж/моль. Какое количество теплоты поглощает реакция в сутки (потерями теплоты пренебречь)?
4. Рассчитайте минимальный массовый расход антрацита, который необходимо подавать в печь в граммах в секунду для обеспечения проведения процесса. Теплота сгорания углерода +394 кДж/моль. Дополнительный расход тепла помимо реакции (на нагрев сырья, испарение влаги, потери в окружающую среду) принять равными теплотратам на протекание реакции (из п.3).
Если вы не рассчитали теплоту в п.3, примите 1000 000 кДж/сут.
5. Какой минимальный объём (в м³/с, н.у.) воздуха необходимо подавать в печь для полного сгорания подаваемого антрацита?
Если вы не рассчитали расход антрацита в п.4, примите 1 кг/



БОЛЬШАЯ ОЛИМПИАДА РОСХИМ

Решения заданий для обучающихся 7-8 класса

2023-2024 учебный год

Решение 1. Содовый кроссворд

Ответы:

1. Пищевая
2. Цемент
3. Натрий
4. Карбонат
5. Кремний
6. Рутений
7. Электролиз
8. Кислота,
9. Нефть
10. Гипохлорит

Система оценивания:

1. Ответы по 1 баллу

10 баллов

ИТОГО: 10 баллов

Решение 2. Агрохимия

1. Вывод формулы метионина: $w(C) : w(N) : w(H) : (S) : (O)$

$$= \frac{40,27}{12} : \frac{9,40}{14} : \frac{7,38}{1} : \frac{21,475}{16} : \frac{21,475}{32} = 3,36 : 0,67 : 7,38 : 1,34 : 0,67 =$$

5 : 1 : 11 : 2 : 1, что отвечает формуле - $C_5NH_{11}SO_2$.

2. $M(C_5NH_{11}SO_2) = 12 \cdot 5 + 14 + 11 + 32 + 16 \cdot 2 = 149$ г/моль.

3. Количество метионина, необходимого в месяц на всех кур составит $8,6 \cdot 800 \cdot 30 = 206400$ мг = 206,4 г. Отсюда, количество комбикорма равно $\frac{206400}{36} = 5733,33$ кг, тогда количество мешков составит $\frac{5733,33}{40} = 143,33$. Понятно, что нецелое число мешков купить не получится, а 143 мешка будет недостаточно, то есть необходимо закупить **144** мешка комбикорма.

4. $n(C_5NH_{11}SO_2) = \frac{8,6 \cdot 10^{-3}}{149} = 5,8 \cdot 10^{-5}$ моль, количество молекул составляет

$$N = N_A \cdot n(C_5NH_{11}SO_2) = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot (5,8 \cdot 10^{-5}) = 3,4916 \cdot 10^{19} \text{ шт.}$$

5. За год птица получает примерно $8,6 \cdot 365 = 3139$ мг. = $3,14 \cdot 10^{-3}$ кг метионина. Таким образом, предельно допустимое количество ртути составляет $3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 3,14 \cdot 10^{-4}$ мг ртути.

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1. Вывод формулы | 2 балла |
| 2. Молярная масса | 1 балл |
| 3. Количество мешков 2 балла
(Ответ с неверным округлением 1 балл) | 2 балла |
| 4. Количество вещества, количество молекул
по 1,5 балла | 3 балла |
| 5. Масса ртути | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов

Решение 3. Белое и простое

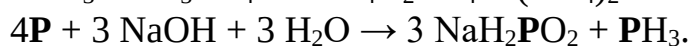
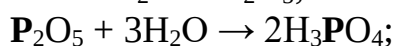
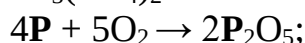
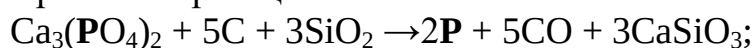
1. Пользуясь тем, что кислород в соединениях проявляет степень окисления -2, кальций - +2, натрий - +1, а водород - +1, получим, что в X_2O_5 степень окисления X равна +5, в $Ca_3(XO_4)_2$ - также +5, в $NaNH_2XO_2$ - +1, а в XH_3 -3.

2. По определению массовой доли для вычисления элемента X достаточно составить уравнение:

$$\frac{2 \cdot Mr(X)}{2 \cdot Mr(X) + 16 \cdot 5} = 0,4366, \text{ решая которое получаем } Mr(X) = 31 \text{ г/моль,}$$

что соответствует фосфору. То есть, X - P.

3. Уравнения реакций:



4. Определим количества каждого из исходных веществ:

$$n(Ca_3(PO_4)_2) = \frac{1000}{310} = 3,23 \text{ моль};$$

$$n(C) = \frac{1000}{12} = 83,33 \text{ моль};$$

$$n(SiO_2) = \frac{1000}{60} = 16,67 \text{ моль};$$

Фосфат кальция в недостатке. Тогда

$$n(P) = 3,23 \cdot 2 = 6,46 \text{ моль. С учетом выхода реакции,}$$

$$n(P)_{\text{практ}} = 6,46 \cdot 0,85 = 5,49 \text{ моль, откуда}$$

$$m(P)_{\text{практ}} = 5,49 \cdot 31 = 170,22 \text{ г.}$$

Система оценивания:

- | | |
|---|----------|
| 1. Степени окисления по 0,5 балла | 2 балла |
| 2. Определение фосфора | 1 балл |
| 3. Уравнения реакций по 1 баллу | 5 баллов |
| 4. Расчет с учётом выхода 2 балла
Расчёт без учёта выхода 1 балл | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов

Решение 4. Железо титанового кластера

1. Оксид титана (IV): TiO_2 , оксид железа (III): Fe_2O_3 .
2. Уравнения реакций:
 - 1) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 - 2) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe} \rightarrow 3\text{FeSO}_4$
3. Формулу кристаллогидрата можно представить как $\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, тогда соотношение атомов:

$$\frac{2x}{4+x} = 1,272, \text{ откуда } 2x - 1,272x = 5,088, \text{ то есть } x = 7.$$

Название $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в соответствии с рекомендациями ИЮПАК: гептагидрат сульфата железа (II), тривиальное: железный купорос.

4. Уравнения реакций:
 - 3) $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{FeSO}_4$
 - 4) $4\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$

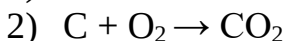
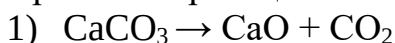
Система оценивания:

- | | |
|--|---------|
| 1. Две формулы оксидов по 1 баллу | 2 балла |
| 2. Два уравнения реакций по 1 баллу | 2 балла |
| 3. Формула кристаллогидрата, подтвержденная расчетом 2 балла
(без расчета - 1 балл)
Два названия по 1 баллу
(номенклатурное название без указания воды
(сульфат железа (II)) или степени окисления
(гептагидрат сульфата железа) 0,5 балла) | 4 балла |
| 4. Два уравнения реакций по 1 баллу | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов

Решение 5. Химическая технология обжига известняка

1. Уравнения реакций:



$$2. n(\text{CaO}) = \frac{m}{M} = \frac{50 \cdot 10^6}{40+16} = 892\,857 \text{ моль/сут};$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaO}) = 892\,857 \text{ моль/сут};$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M = 892\,857 \cdot (40 + 12 + 16 \cdot 3) = 89,29 \text{ т/сут} = 1033 \text{ г/с};$$

$$m_{\text{известняк}} = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{\omega(\text{CaCO}_3)} = \frac{1033}{0,96} = 1076 \text{ г/с}.$$

3. Поскольку тепловой эффект $Q_r = -157$ кДж/моль, количество теплоты $Q = Q_r \cdot n(\text{CaO}) = -157 \cdot 892\,857 = -140179$ МДж/сут = -140,19 ГДж/сут.

4. Поскольку тепловой эффект $Q_r = +394$ кДж/моль, количество углерода с учетом дополнительных теплот затрат

$$n(\text{C}) = \frac{2Q}{Q_r} = \frac{2 \cdot 140,19 \cdot 10^6}{394} = 711624 \text{ моль/сут},$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M = 711624 \cdot 12 = 8,54 \text{ т/сут} = 99 \text{ г/с};$$

$$m_{\text{антрацит}} = \frac{m(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{99}{0,92} = 107,6 \text{ г/с}.$$

Для случая $Q = 1000\,000$ кДж/сут количество углерода

$$n(\text{C}) = \frac{2Q}{Q_r} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^6}{394} = 5076 \text{ моль/сут},$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M = 5076 \cdot 12 = 60,9 \text{ кг/сут} = 0,71 \text{ г/с};$$

$$m_{\text{антрацит}} = \frac{m(\text{C})}{\omega(\text{C})} = \frac{0,71}{0,92} = 0,77 \text{ г/с}.$$

5. Количество моль кислорода $n(\text{O}_2) = n(\text{C}) = 711624$ моль/сут, тогда $V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot V_0 = 711624 \cdot 22,4 = 15940$ м³/сут = 0,18 м³/с.

С учетом объёмной доли кислорода в воздухе получаем

$$V_{\text{воздух}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\varphi} = \frac{0,18}{0,21} = 0,88 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для случая $m(\text{C}) = 1000$ г/с количество моль кислорода

$$n(\text{O}_2) = n(\text{C}) = \frac{1000 \cdot 0,92}{12} = 76,67 \text{ моль, тогда}$$

$$V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot V_0 = 76,67 \cdot 22,4 = 1,72 \text{ м}^3/\text{сут} = 0,02 \text{ м}^3/\text{с}.$$

С учетом объёмной доли кислорода в воздухе получаем

$$V_{\text{воздух}} = \frac{V(\text{O}_2)}{\varphi} = \frac{0,02}{0,21} = 0,094 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1. Два уравнения реакций по 1 баллу
(реакция с образованием монооксида углерода
оценивается полным баллом) | 2 балла |
| 2. Расчет расхода известняка
(без учета примесей 1 балл) | 2 балла |
| 3. Расчет теплоты реакции | 2 балла |
| 4. Расчет расхода антрацита
(без учета примесей или теплопотерь 1 балл) | 2 балла |
| 5. Расчет расхода воздуха
(расчет расхода кислорода 1 балл, точность доли
кислорода в воздухе не влияет на оценку)
(расчет по реакции с образованием монооксида
углерода оценивается полным баллом) | 2 балла |

ИТОГО: 10 баллов

Примечание: при совершении ошибки на одной из стадий эта стадия не оценивается, последующие верные операции с неверными значениями оцениваются полным баллом, как и использование значений, приведенных в условии для п. 4, п.5.