**РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ОТБОРОЧНОГО (РАЙОННОГО) ЭТАПА**

**Теоретический тур**

**10 класс**

**№ 1**

**1 вариант**

Предложите 5 веществ, которые можно синтезировать в одну или несколько стадий, используя в качестве исходных реагентов только пищевые продукты, медикаменты из домашней аптечки и воду. Приведите условия осуществления синтезов и уравнения соответствующих реакций. Укажите конкретный источник используемых веществ.

**Возможный вариант решения:**

NaOH + CH3COOH = **CH3COONa** + H2O (гидроксид натрия содержится в средствах для прижигания бородавок)

3I2 + 6NaOH = 5**NaI** + **NaIO3** + 3H2O (иод – в домашней аптечке)

NaOH + C6H4(OH)(COOH) = **C6H4(OH)(COONa)** + H2O (салициловая кислота – она же «салициловый спирт» присутствует в аптечке)

NaOH + H3BO3 = **Na[B(OH)4]** (борная кислота **–** антисептик, имеется в домашней аптечке)

**2 вариант**

Предложите 5 веществ, которые можно синтезировать в одну или несколько стадий, используя в качестве исходных реагентов только пищевые продукты, средства бытовой химии и воду. Приведите условия осуществления синтезов и уравнения соответствующих реакций. Укажите конкретный источник используемых веществ.

**Возможный вариант решения:**

NaOH + CH3COOH = **CH3COONa** + H2O (гидроксид натрия содержится в средствах для промывки труб)

CaCO3 + 2CH3COOH = **Ca(CH3COO)2**+ H2O + **CO2**

(NH4)2CO3 = 2**NH3** + **CO2** + H2O (разрыхлитель для теста, возможен вариант с бикарбонатом аммония)

Na2CO3∙10H2O = **Na2CO3** + 10H2O (прокаливание стирального порошка)

**Рекомендации к оцениванию:**

|  |  |
| --- | --- |
| Каждое синтезированное вещество (при наличии уравнения реакции с указанием условий и источника реагентов) – по 1 баллу | *1 × 5 = 5 баллов* |
| **ИТОГО:** | *5 баллов* |

**№ 2**

**1 вариант**

Напишите уравнения реакций получения следующих веществ в одну стадию:

а) нитрата хрома (III) из нитрата хрома (II);

б) железной окалины (Fe3O4) из нитрата железа (II);

в) оксида олова (IV) из хлорида олова (II);

г) ацетата алюминия из хлорида алюминия.

Для одной из реакций составьте сокращенное ионное уравнение.

**Решение:**

а) Cr(NO3)2 + 2HNO3(к.) = Cr(NO3)3 + NO2 + H2O

б) 3Fe(NO3)2 = Fe3O4 + 6NO2 + O2

в) SnCl2 + 2HNO3(к.) = SnO2 + 2NO2 + 2HCl

г) AlCl3 + 3CH3COOAg = (CH3COO)3Al+ 3AgCl

Сокращенные ионные уравнения для реакций, протекающих в растворе:

а) Cr2+ + NO3– + 2H+ = Cr3+ + NO2 + H2O

в) Sn2+ + 2NO3– = SnO2 + 2NO2

г) Ag+ + Cl– = AgCl

**2 вариант**

Напишите уравнения реакций получения следующих веществ в одну стадию:

а) свинцового сурика (Pb3O4) из нитрата свинца (II);

б) нитрата марганца (II) из хлорида марганца (II);

в) сульфата железа (III) из сульфата железа (II);

г) оксида свинца (IV) из ацетата свинца (II).

Для одной из реакций составьте сокращенное ионное уравнение.

**Решение:**

а) 3Pb(NO3)2 = Pb3O4 + 6NO2 + O2

б) MnCl2 + 2AgNO3 = Mn(NO3)2 + 2AgCl

в) 2FeSO4 + 2H2SO4(к.) = Fe2(SO4)3 + SO2 + 2H2O

г) (CH3COO)2Pb + 2HNO3(к.) = PbO2 + 2NO2 + 2CH3COOH

Сокращенные ионные уравнения для реакций, протекающих в растворе:

б) Ag+ + Cl– = AgCl

в) 2Fe2+ + 4H+ + SO42– = 2Fe3+ + SO2 + 2H2O

г) 2CH3COO– + Pb2+ + 2H+ + 2NO3– = PbO2 + 2NO2 + 2CH3COOH

**Рекомендации к оцениванию:**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Уравнения реакций а–г – каждое по 1 баллу | *1 × 4 = 4 балла* |
| 1. Сокращённое ионное уравнение – 1 балл | *1 балл* |
| **ИТОГО:** | *5 баллов* |

**№ 3**

**1 вариант**

Из 2.500 г смеси (NH4)2CO3∙H2O, K2CO3 и (NH4)2HPO4 получено 0.452 г углекислого газа и 0.547 г аммиака. Покажите, какими реакциями могут быть получены эти газы из указанной смеси. Рассчитайте состав смеси в массовых процентах.

**Решение:**

1. Реакции получения CO2:

(NH4)2CO3∙H2O + 2HCl = NH4Cl + H2O + CO2

K2CO3 + 2HCl = KCl + H2O + CO2

Может быть и другая кислота. Но термическое разложение не подходит из-за карбоната калия.

2. Реакции получения NH3:

(NH4)2CO3∙H2O + 2NaOH = 2NH3 + Na2CO3 + 3H2O

(NH4)2HPO4 + 3NaOH = 2NH3 + Na3PO4 + 3H2O

Может быть другая щелочь.

3. Расчет:

М((NH4)2CO3∙H2O) = 114 г/моль; М(K2CO3) = 138 г/моль; М((NH4)2HPO4)= 132 г/моль.

Пусть в смеси содержится *x* грамм (NH4)2CO3∙H2O, *y* грамм K2CO3 и *z* грамм (NH4)2HPO4

Тогда *x* + *y* + *z* = 2.5

*x* : 114 + *y* : 138 = 0.452 : 44 = 0.0103

*x* : 114 + *z* : 132 = 0.547 : (2∙17) = 0.0161

Откуда: *x* = 0.768 г (NH4)2CO3∙H2O *y* = 0.492 г K2CO3 *z* = 1.240 г (NH4)2HPO4

**ω((NH4)2CO3∙H2O) = 30.7% ω(K2CO3) = 19.7% ω((NH4)2HPO4) = 49.6%**

**2 вариант**

Из 2.205 г смеси (NH4)2CO3∙H2O, K2CO3 и (NH4)2HPO4 получено 0.622 г углекислого газа и 0.228 г аммиака. Покажите, какими реакциями могут быть получены эти газы из указанной смеси. Рассчитайте состав смеси в массовых процентах.

**Решение:**

1. Реакции получения CO2:

(NH4)2CO3∙H2O + 2HCl = NH4Cl + H2O + CO2

K2CO3 + 2HCl = KCl + H2O + CO2

Может быть и другая кислота. Но термическое разложение не подходит из-за карбоната калия.

2. Реакции получения NH3:

(NH4)2CO3∙H2O + 2NaOH = 2NH3 + Na2CO3 + 3H2O

(NH4)2HPO4 + 3NaOH = 2NH3 + Na3PO4 + H2O

Может быть другая щелочь

3. Расчет:

М((NH4)2CO3∙H2O) = 114 г/моль; М(K2CO3) = 138 г/моль; М(NH4)2HPO4 = 132 г/моль

Пусть в смеси содержится x грамм (NH4)2CO3\*H2O, y грамм K2CO3 и z грамм(NH4)2HPO4

Тогда *x* + *y* + *z* = 2.205

*x* : 114 + *y* : 138 = 0.622 : 44 = 0.014

*x* : 114 + *z* : 132 = 0.228 : (2∙17) = 0.0067

Откуда: x = 0.447 г (NH4)2CO3∙H2O y = 1.391 г K2CO3 z = 0.367 г (NH4)2HPO4

**ω((NH4)2CO3∙H2O) = 20.3% ω(K2CO3) = 63.1% ω((NH4)2HPO4) = 16.6%**

**Рекомендации к оцениванию:**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Реакции получения CO2 – по 0.5 балла | *0.5 × 2 = 1 балл* |
| 1. Реакции получения аммиака – 1 балл | *0.5 × 2 = 1 балл* |
| 1. Массовая доля каждого компонента – по 1 баллу | *1 × 3 = 3 балла* |
| **ИТОГО:** | *5 баллов* |

**№ 4**

**1 вариант**

Органическое соединение **X**, являющееся трифторалкеном, при полном сжигании в кислороде в замкнутом сосуде образует только газообразные продукты (при 23 °C и 1 атм), одним из которых является галогеноводород.

1) Определите молекулярную формулу вещества **X**.

2) Предложите структурную формулу вещества **X**, если оно не имеет геометрических изомеров, а при sp3-гибридном атоме углерода находится только один атом фтора.

3) Приведите название **X** по номенклатуре IUPAC.

4) Напишите уравнение реакции горения **X** в кислороде.

**Решение:**

Общая формула трифторалкена – CnH2n–3F3, в общем виде реакция горения записывается следующим образом:

CnH2n–3F3 + (3n – 3)O2 → nCO2 + (n – 3)H2O + 3HF

По условию сжигание в кислороде **X** приводит к образованию только газообразных продуктов (20 °C, 1 атм), значит, вода в правой части отсутствует: n = 3, **X** = **C3H3F3**.

К такому же выводу можно прийти с помощью других рассуждений. Т.к. газообразных продуктов при указанных условиях (20 °C, 1 атм) нет – вода не образуется. Т.е. весь водород, имеющийся в соединении, связывается с атомами галогена. На этом основании можно ограничиться стехиометрической схемой:

CnH2n–3F3 → 3HF

2n – 3 = 3, откуда n = 3.

Структурные формулы состава C3H3F3, не имеющие геометрических изомеров:

CH2=CH–CF3, CH2=CF–CF2H, CF2=CF–CH3, CF2=CH–CH2F

Один атом фтора находится при sp3-гибридном атоме углерода только в последней структуре:



Систематическое название: **1,1,3-трифторпропен**.

Уравнение реакции горения:

CF2=CH–CH2F + 3O2 = 3CO2 + 3HF

**2 вариант**

Органическое соединение **X**, являющееся трихлоралкеном, при полном сжигании в кислороде в замкнутом сосуде образует только газообразные продукты (при 18 °C и 1 атм), одним из которых является галогеноводород.

1) Определите молекулярную формулу вещества **X**.

2) Предложите структурную формулу вещества **X**, если оно имеет геометрические изомеры, а два атома хлора находятся при sp3-гибридном атоме углерода.

3) Приведите название **X** по номенклатуре IUPAC.

4) Напишите уравнение реакции горения **X** в кислороде.

**Решение:**

Общая формула трихлоралкена – CnH2n–3Cl3, в общем виде реакция горения записывается следующим образом:

CnH2n–3Cl3 + (3n – 3)O2 → nCO2 + (n – 3)H2O + 3HCl

По условию сжигание в кислороде **X** приводит к образованию только газообразных продуктов (20 °C, 1 атм), значит, вода в правой части отсутствует: n = 3, **X** = **C3H3Cl3**.

К такому же выводу можно прийти с помощью других рассуждений. Т.к. газообразных продуктов при указанных условиях (20 °C, 1 атм) нет – вода не образуется. Т.е. весь водород, имеющийся в соединении, связывается с атомами галогена. На этом основании можно ограничиться стехиометрической схемой:

CnH2n–3Cl3 → 3HCl

2n – 3 = 3, откуда n = 3.

Структурные формулы состава C3H3Cl3, имеющие геометрические изомеры:

CHCl=CH–CHCl2, CHCl=CCl–CH2Cl

Два атома хлора находятся при sp3-гибридном атоме углерода в первой структуре:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *цис*-изомер (или (*Z*)-изомер) | *транс*-изомер (или (*Е*)-изомер) |

Систематическое название: **1,3,3-трихлорпропен**.

Уравнение реакции горения:

CHCl=CH–CHCl2 + 3O2 = 3CO2 + 3HCl

**Рекомендации к оцениванию:**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Молекулярная формула **Х** с обоснованием – 2 балла (без обоснования – 1 балл) | *2 балла* |
| 1. Структурная формула **Х** – 1 балл | *1 балл* |
| 1. Систематическое название – 1 балл | *1 балл* |
| 1. Уравнение реакции – 1 балл | *1 балл* |
| **ИТОГО:** | *5 баллов* |

**№ 5**

**1 вариант**

При высоких температурах *н*-бутан и изобутан могут превращаться друг в друга. При температуре 230 °С константа равновесия процесса превращения *н*-бутана в изобутан составляет 1.38. Напишите уравнение обратимой реакции, указанной в задаче. Рассчитайте мольные доли *н*-бутана и изобутана в равновесной смеси при температуре 230 °С и давлении 2.5 атм. Каким образом можно ускорить установление указанного в задаче равновесия?

**Решение:**



Т.к. число молей газообразных реагентов равно числу молей газообразных продуктов, то KP = KC = KX. Общее давление не влияет на равновесие.

Константа равновесия процесса изомеризации *н*-бутана в изобутан:

*,* где X – мольная доля.

Сумма мольных долей всех соединений равна 1:

X(изобутан) + X(*н*-бутан) = 1

Тогда константу равновесия изомеризации можно записать как

Решая данное уравнение получаем:

X(изобутан) = 0.58

X(*н*-бутан) = 1 - X(изобутан) = 0.42

Установление равновесия можно ускорить, добавив кислоту Льюиса в качестве катализатора, например AlCl3.

**2 вариант**

При высоких температурах *н*-бутан и изобутан могут превращаться друг в друга. При температуре 730 °С константа равновесия процесса превращения *н*-бутана в изобутан составляет 0.49. Напишите уравнение обратимой реакции, указанной в задаче. Рассчитайте мольные доли *н*-бутана и изобутана в равновесной смеси при температуре 730 °С и давлении 10 атм. Каким образом можно ускорить установление указанного в задаче равновесия?

**Решение:**



Т.к. число молей газообразных реагентов равно числу молей газообразных продуктов, то KP = KC = KX. Общее давление не влияет на равновесие.

Константа равновесия процесса изомеризации *н*-бутана в изобутан:

*,* где X – мольная доля.

Сумма мольных долей всех соединений равна 1:

X(изобутан) + X(*н*-бутан) = 1

Тогда константу равновесия изомеризации можно записать как

Решая данное уравнение получаем:

X(изобутан) = 0.33

X(*н*-бутан) = 1 - X(изобутан) = 0.67

Установление равновесия можно ускорить, добавив кислоту Льюиса в качестве катализатора, например AlCl3.

**Рекомендации к оцениванию:**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Верно написано уравнение обратимой реакции со структурными формулами – 1 балл | *1 балл* |
| 1. Верно записано выражение константы равновесия через мольные доли – 1 балл | *1 балл* |
| 1. Верно рассчитаны мольные доли *н*-бутана и изобутана – 2 балла | *2 балла* |
| 1. Верно указан катализатор – 1 балл (если указано «катализатор» без конкретного вещества, то 0.5 балла) | *1 балл* |
| **ИТОГО:** | *5 баллов* |

**№ 6**

**1 вариант**

Вещества **A** и **B** реагируют с кислородом и простым веществом **D** по следующим уравнениям:

**А** + 6О2 = 4**С** + 4Н2О

**В** + 5О2 = 3**С** + 4Н2О

**А** + **D** = **E**

**B** + **D** = **F** + HBr(на свету)

Если в реакцию с кислородом вступает смесь **A** и **B** массой 7.8 г, то образуется 12.32 л газа **С** (н.у.). Чтобы провести реакцию этой же смеси **A** и **B** с **D** без облучения светом потребуется 5.16 мл **D** (*ρ*(**D**) = 3102 кг/м3).

Определите качественный и количественный состав смеси (в виде массовых долей), если известно, что **A** реагирует с водой в присутствии кислоты с образованием единственного соединения, имеющего два типа структурно неэквивалентных атомов углерода. Ответ подтвердите расчетом.

**Решение:**

В реакции **B** с кислородом образуется вода и газ **C**, тогда как в реакции **B** с простым веществом **D** при облучении образуется **F** и HBr, откуда можно сделать предположение, что **B** не содержит брома в своем составе (так как у брома не существует оксидов, которые устойчивы в газообразном состоянии, т.е. **C** не может содержать бром). Тогда простое вещество **D** – бром (на что также намекает высокая плотность этой жидкости). Бром при облучении светом реагирует с углеводородами (УВ) и их производными с образованием соответствующих бромпроизводных и HBr, соответственно **B** – УВ. Тогда газ **C** – это углекислый газ, а так как и при сгорании **A** образуется H2O и CO2, то это тоже УВ, при этом непредельный (т.к. **A** реагирует с бромом без облучения).

Установим количество вещества брома, вступающего в реакцию с **А**:

m(Br2) = 5.16×3.102 = 16 г; n(Br2) = 0.1 моль.

Так как **A** реагирует с бромом в эквимолярном соотношении, то: n(**A**) = 0.1 моль. Откуда рассчитаем количество вещества **B**:

n(CO2) = 12.32/22.4 = 0.55 моль; n(CO2)из**A** = 0.1×4 = 0.4 моль; n(CO2)из**B** = 0.55 – 0.4 = 0.15 моль.

Откуда n(**B**) = 0.15/3 = 0.05 моль.

Исходя из уравнений реакций горения **A** и **B** определим состав этих УВ:



В левой и правой части этого уравнения одинаковое количество атомов кислорода, значит формула **A** – C4H8 (C2H4 не подходит, так как в таком случае все коэффициенты бы сократились на 2). Существует несколько изомерных соединений с тем же составом, однако ни одно из них кроме изобутилена (2-метилпропена) не подходит из-за наличия в условии задачи реакции с водой:



То же самое проделываем со вторым уравнением:



Формула **B** – C3H8. Это пропан.

Рассчитаем их массовые доли в начальной смеси:

m(**A**) = 0.1×56 = 5.6 г; m(**B**) = 0.05×44 = 2.2 г. *ω*(**A**) = 71.8%; *ω*(**B**) = 28.2%.

При действии брома на **A** получается 1,2-дибром-2-метилпропан (**E**), а при действии брома на **B** при облучении получается 2-бромпропан (**F**).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **А** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** |
|  |  | CO2 | Br2 |  |  |

**2 вариант**

Вещества **A** и **B** реагируют с кислородом и простым веществом **D** по следующим уравнениям:

**А** + 5О2 = 3**С** + 4Н2О

**В** + 6О2 = 4**С** + 4Н2О

**А** + **D** = **E** + HBr (на свету)

**B** + **D** = **F**

Если в реакцию с кислородом вступает смесь **A** и **B** массой 7.2 г, то образуется 11.2 л газа **С** (н.у.). Чтобы провести реакцию этой же смеси **A** и **B** с **D** без облучения светом потребуется 2.58 мл **D** (*ρ*(**D**) = 3102 кг/м3).

Определите качественный и количественный состав смеси (в виде массовых долей), если известно, что **B** реагирует с бромоводородом с образованием единственного соединения, имеющего два типа структурно неэквивалентных атомов углерода. Ответ подтвердите расчетом.

**Решение:**

В реакции **A** с кислородом образуется вода и газ **C**, тогда как в реакции **A** с простым веществом **D** при облучении образуется **E** и HBr, откуда можно сделать предположение, что **A** не содержит брома в своем составе (так как у брома не существует оксидов, которые устойчивы в газообразном состоянии, т.е. **C** не может содержать бром). Тогда простое вещество **D** – бром (на что также намекает высокая плотность этой жидкости). Бром при облучении светом реагирует с углеводородами (УВ) и их производными с образованием соответствующих бромпроизводных и HBr, соответственно **A** – УВ. Тогда газ **C** – это углекислый газ, а так как и при сгорании **B** образуется H2O и CO2, то это тоже УВ, при этом непредельный (т.к. **B** реагирует с бромом без облучения).

Установим количество вещества брома, вступающего в реакцию с **B**:

m(Br2) = 2.58×3.102 = 8 г; n(Br2) = 0.05 моль.

Так как **B** реагирует с бромом в эквимолярном соотношении, то: n(**B**) = 0.05 моль. Откуда рассчитаем количество вещества **A**:

n(CO2) = 11.2/22.4 = 0.5 моль; n(CO2)из**B** = 0.05×4 = 0.2 моль; n(CO2)из**A** = 0.5 – 0.2 = 0.3 моль.

Откуда n(**A**) = 0.3/3 = 0.1 моль.

Исходя из уравнений реакций горения **A** и **B** определим состав этих УВ:



В левой и правой части этого уравнения одинаковое количество атомов кислорода, значит формула **B** – C4H8 (C2H4 не подходит, так как в таком случае все коэффициенты бы сократились на 2). Существует несколько изомерных соединений с тем же составом, однако ни одно из них кроме изобутилена (2-метилпропена) не подходит из-за наличия в условии реакции с бромоводородом:



То же самое проделываем со вторым уравнением:



Формула **A** – C3H8. Это пропан.

Рассчитаем их массовые доли в изначальной смеси:

m(**A**) = 0.1×44 = 4.4 г; m(**B**) = 0.05×56 = 2.8 г. *ω*(**A**) = 61.1%; *ω*(**B**) = 38.9%.

При действии брома на **B** получается 1,2-дибром-2-метилпропан (**F**), а при действии брома на **A** при облучении получается 2-бромпропан (**E**).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **А** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** |
|  |  | CO2 | Br2 |  |  |

**Рекомендации к оцениванию:**

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Cтруктурные формулы **A**, **B** с обоснованием – по 2 балла   (если без обоснования – по 0.5 балла за каждую) | *2 × 2 = 4 балла* |
| 1. Количественный состав смеси с расчетом – 1 балл (без расчетов – 0 баллов) | *1 балл* |
| **ИТОГО:** | *5 баллов* |