

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:

$\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ (гидроксид натрия содержится в средствах для прижигания бородавок)

$3\text{I}_2 + 6\text{NaOH} = 5\text{NaI} + \text{NaIO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (йод – в домашней аптечке)

$\text{NaOH} + \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH}) = \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})(\text{COONa}) + \text{H}_2\text{O}$ (салициловая кислота – она же «салициловый спирт» присутствует в аптечке)

$\text{NaOH} + \text{H}_3\text{BO}_3 = \text{Na}[\text{B}(\text{OH})_4]$ (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:

$\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ (гидроксид натрия содержится в средствах для промывки труб)

$\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (разрыхлитель для теста, возможен вариант с бикарбонатом аммония)

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$ (прокаливание стирального порошка)

Рекомендации к оцениванию:

Каждое синтезированное вещество (при наличии уравнения реакции с указанием условий и источника реагентов) – по 1 баллу $1 \times 5 = 5$ баллов

ИТОГО: 5 баллов

№ 2

1 вариант

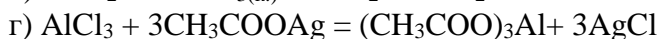
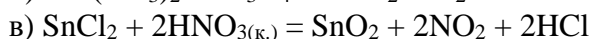
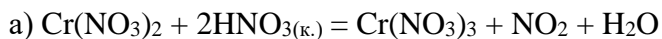
Напишите уравнения реакций получения следующих веществ в одну стадию:

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

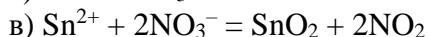
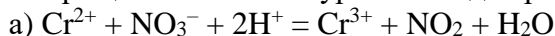
- б) железной окалины (Fe_3O_4) из нитрата железа (II);
 в) оксида олова (IV) из хлорида олова (II);
 г) ацетата алюминия из хлорида алюминия.

Для одной из реакций составьте сокращенное ионное уравнение.

Решение:



Сокращенные ионные уравнения для реакций, протекающих в растворе:



2 вариант

Напишите уравнения реакций получения следующих веществ в одну стадию:

а) свинцового сурика (Pb_3O_4) из нитрата свинца (II);

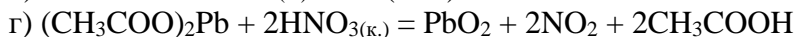
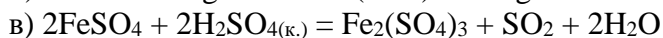
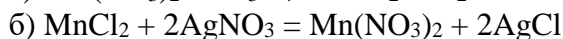
б) нитрата марганца (II) из хлорида марганца (II);

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

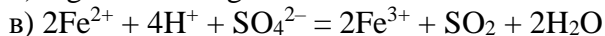
г) оксида свинца (IV) из ацетата свинца (II).

Для одной из реакций составьте сокращенное ионное уравнение.

Решение:



Сокращенные ионные уравнения для реакций, протекающих в растворе:



Рекомендации к оцениванию:

1. Уравнения реакций а–г – каждое по 1 баллу

1 × 4 = 4 балла

2. Сокращенное ионное уравнение – 1 балл

1 балл

ИТОГО: *5 баллов*

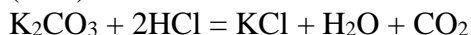
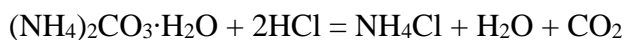
№ 3

1 вариант

Из 2.500 г смеси $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, K_2CO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 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.

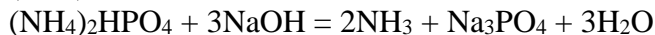
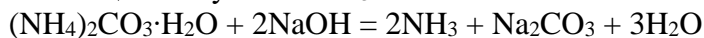
Решение:

1. Реакции получения CO_2 :



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

2. Реакции получения NH_3 :



Может быть другая щелочь.

3. Расчет:

$M((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 114$ г/моль; $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138$ г/моль; $M((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 132$ г/моль.

Пусть в смеси содержится x грамм $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, y грамм K_2CO_3 и z грамм $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Тогда $x + y + z = 2.5$

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

$$x : 114 + z : 132 = 0.547 : (2 \cdot 17) = 0.0161$$

Откуда: $x = 0.768$ г $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $y = 0.492$ г K_2CO_3 $z = 1.240$ г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

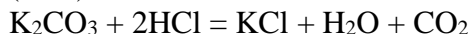
$\omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 30.7\%$ $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 19.7\%$ $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 49.6\%$

2 вариант

Из 2.205 г смеси $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, K_2CO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 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.

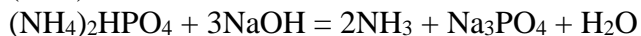
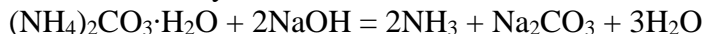
Решение:

1. Реакции получения CO_2 :



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

2. Реакции получения NH_3 :



Может быть другая щелочь

3. Расчет:

$M((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 114$ г/моль; $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138$ г/моль; $M((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 132$ г/моль

Пусть в смеси содержится x грамм $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, y грамм K_2CO_3 и z грамм $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Тогда $x + y + z = 2.205$

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

$$x : 114 + z : 132 = 0.228 : (2 \cdot 17) = 0.0067$$

Откуда: $x = 0.447$ г $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $y = 1.391$ г K_2CO_3 $z = 0.367$ г $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

$\omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 20.3\%$ $\omega(\text{K}_2\text{CO}_3) = 63.1\%$ $\omega((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = 16.6\%$

Рекомендации к оцениванию:

1. Реакции получения CO_2 – по 0.5 балла

$0.5 \times 2 = 1$ балл

2. Реакции получения аммиака – 1 балл

$0.5 \times 2 = 1$ балл

3. Массовая доля каждого компонента – по 1 баллу

$1 \times 3 = 3$ балла

ИТОГО: 5 баллов

№ 4

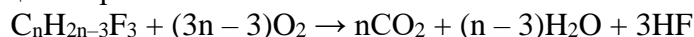
1 вариант

Органическое соединение **X**, являющееся трифторалкеном, при полном сжигании в кислороде в замкнутом сосуде образует только газообразные продукты (при 23 °С 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 sp^3 -гибридном атоме углерода находится только один атом фтора.
- 3) Приведите название **X** по номенклатуре IUPAC.
- 4) Напишите уравнение реакции горения **X** в кислороде.

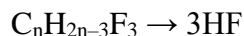
Решение:

Общая формула трифторалкена – $C_nH_{2n-3}F_3$, в общем виде реакция горения записывается следующим образом:



По условию сжигание в кислороде **X** приводит к образованию только газообразных продуктов (20 °С, 1 атм), значит, вода в правой части отсутствует: $n = 3$, **X** = $C_3H_3F_3$.

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

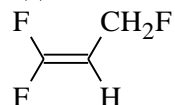


$2n - 3 = 3$, откуда $n = 3$.

Структурные формулы состава $C_3H_3F_3$, не имеющие геометрических изомеров:

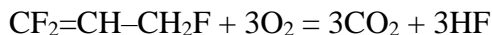


Один атом фтора находится при sp^3 -гибридном атоме углерода только в последней структуре:



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

Уравнение реакции горения:



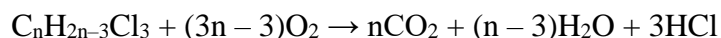
2 вариант

Органическое соединение **X**, являющееся трихлоралкеном, при полном сжигании в кислороде в замкнутом сосуде образует только газообразные продукты (при 18 °С 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 sp^3 -гибридном атоме углерода.
- 3) Приведите название **X** по номенклатуре IUPAC.
- 4) Напишите уравнение реакции горения **X** в кислороде.

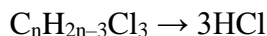
Решение:

Общая формула трихлоралкена – $C_nH_{2n-3}Cl_3$, в общем виде реакция горения записывается следующим образом:



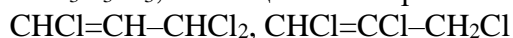
По условию сжигание в кислороде **X** приводит к образованию только газообразных продуктов (20 °С, 1 атм), значит, вода в правой части отсутствует: $n = 3$, **X** = **C₃H₃Cl₃**.

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

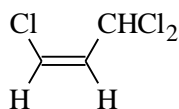


$2n - 3 = 3$, откуда $n = 3$.

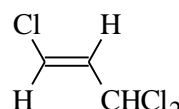
Структурные формулы состава C₃H₃Cl₃, имеющие геометрические изомеры:



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



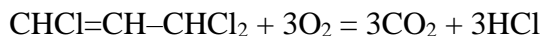
цис-изомер (или (*Z*)-изомер)



транс-изомер (или (*E*)-изомер)

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

Уравнение реакции горения:



Рекомендации к оцениванию:

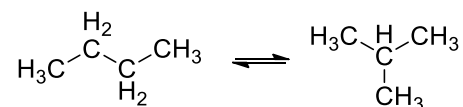
- | | |
|--|-----------------|
| 1. Молекулярная формула X с обоснованием – 2 балла (без обоснования – 1 балл) | 2 балла |
| 2. Структурная формула X – 1 балл | 1 балл |
| 3. Систематическое название – 1 балл | 1 балл |
| 4. Уравнение реакции – 1 балл | 1 балл |
| ИТОГО: | 5 баллов |

№ 5

1 вариант

При высоких температурах *n*-бутан и изобутан могут превращаться друг в друга. При температуре 230 °С константа равновесия процесса превращения *n*-бутана в изобутан составляет 1.38. Напишите уравнение обратимой реакции, указанной в задаче. Рассчитайте мольные доли *n*-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 $K_P = K_C = K_X$. Общее давление не влияет на равновесие.

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

$$K_X = \frac{X(\text{изобутан})}{X(\text{n-бутан})}, \text{ где } X \text{ – мольная доля.}$$

Сумма мольных долей всех соединений равна 1:

$$X(\text{изобутан}) + X(\text{n-бутан}) = 1$$

Тогда константу равновесия изомеризации можно записать как

$$\frac{X(\text{изобутан})}{1-X(\text{изобутан})} = 1.38$$

Решая данное уравнение получаем:

$$X(\text{изобутан}) = 0.58$$

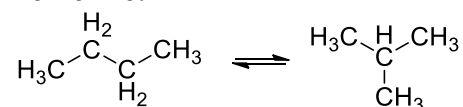
$$X(\text{n-бутан}) = 1 - X(\text{изобутан}) = 0.42$$

Установление равновесия можно ускорить, добавив кислоту Льюиса в качестве катализатора, например AlCl_3 .

2 вариант

При высоких температурах *n*-бутан и изобутан могут превращаться друг в друга. При температуре 730 °С константа равновесия процесса превращения *n*-бутана в изобутан составляет 0.49. Напишите уравнение обратимой реакции, указанной в задаче. Рассчитайте мольные доли *n*-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 $K_p = K_c = K_x$. Общее давление не влияет на равновесие.

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

$$K_x = \frac{X(\text{изобутан})}{X(\text{n-бутан})}, \text{ где } X - \text{ мольная доля.}$$

Сумма мольных долей всех соединений равна 1:

$$X(\text{изобутан}) + X(\text{n-бутан}) = 1$$

Тогда константу равновесия изомеризации можно записать как

$$\frac{X(\text{изобутан})}{1-X(\text{изобутан})} = 0.49$$

Решая данное уравнение получаем:

$$X(\text{изобутан}) = 0.33$$

$$X(\text{n-бутан}) = 1 - X(\text{изобутан}) = 0.67$$

Установление равновесия можно ускорить, добавив кислоту Льюиса в качестве катализатора, например AlCl_3 .

Рекомендации к оцениванию:

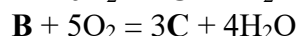
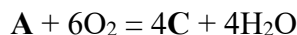
- | | |
|--|---------|
| 1. Верно написано уравнение обратимой реакции со структурными формулами – 1 балл | 1 балл |
| 2. Верно записано выражение константы равновесия через мольные доли – 1 балл | 1 балл |
| 3. Верно рассчитаны мольные доли <i>n</i> -бутана и изобутана – 2 балла | 2 балла |
| 4. Верно 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:



Если в реакцию с кислородом вступает смесь **A** и **B** массой 7.8 г, то образуется 12.32 л газа **C** (н.у.). Чтобы провести реакцию этой же смеси **A** и **B** с **D** без облучения светом потребуется 5.16 мл **D** ($\rho(\mathbf{D}) = 3102 \text{ кг/м}^3$).

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 $\mathbf{H}_2\mathbf{O}$ и \mathbf{CO}_2 , то это тоже УВ, при этом непредельный (т.к. **A** реагирует с бромом без облучения).

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

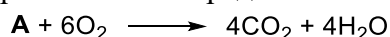
$$m(\mathbf{Br}_2) = 5.16 \times 3.102 = 16 \text{ г}; n(\mathbf{Br}_2) = 0.1 \text{ моль.}$$

Так как **A** реагирует с бромом в эквимольном соотношении, то: $n(\mathbf{A}) = 0.1 \text{ моль}$. Откуда рассчитаем количество вещества **B**:

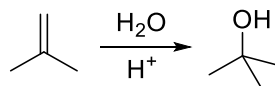
$$n(\mathbf{CO}_2) = 12.32/22.4 = 0.55 \text{ моль}; n(\mathbf{CO}_2)_{\text{изA}} = 0.1 \times 4 = 0.4 \text{ моль}; n(\mathbf{CO}_2)_{\text{изB}} = 0.55 - 0.4 = 0.15 \text{ моль.}$$

$$\text{Откуда } n(\mathbf{B}) = 0.15/3 = 0.05 \text{ моль.}$$

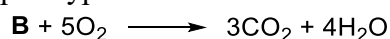
Исходя из уравнений реакций горения **A** и **B** определим состав этих УВ:



В левой и правой части этого уравнения одинаковое количество атомов кислорода, значит формула **A** – $\mathbf{C}_4\mathbf{H}_8$ ($\mathbf{C}_2\mathbf{H}_4$ 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:



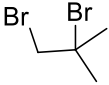



Формула **B** – $\mathbf{C}_3\mathbf{H}_8$. Это пропан.

Рассчитаем их массовые доли в начальной смеси:

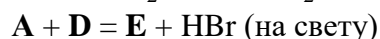
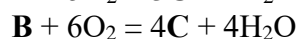
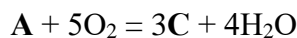
$m(\mathbf{A}) = 0.1 \times 56 = 5.6 \text{ г}$; $m(\mathbf{B}) = 0.05 \times 44 = 2.2 \text{ г}$. $\omega(\mathbf{A}) = 71.8\%$; $\omega(\mathbf{B}) = 28.2\%$.

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

A	B	C	D	E	F
		CO ₂	Br ₂		

2 вариант

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



Если в реакцию с кислородом вступает смесь **A** и **B** массой 7.2 г, то образуется 11.2 л газа **C** (н.у.). Чтобы провести реакцию этой же смеси **A** и **B** с **D** без облучения светом потребуется 2.58 мл **D** ($\rho(\mathbf{D}) = 3102 \text{ кг/м}^3$).

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**:

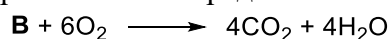
$$m(\text{Br}_2) = 2.58 \times 3.102 = 8 \text{ г}; n(\text{Br}_2) = 0.05 \text{ моль.}$$

Так как **B** реагирует с бромом в эквимольном соотношении, то: $n(\mathbf{B}) = 0.05 \text{ моль}$. Откуда рассчитаем количество вещества **A**:

$$n(\text{CO}_2) = 11.2/22.4 = 0.5 \text{ моль}; n(\text{CO}_2)_{\text{изB}} = 0.05 \times 4 = 0.2 \text{ моль}; n(\text{CO}_2)_{\text{изA}} = 0.5 - 0.2 = 0.3 \text{ моль.}$$

Откуда $n(\mathbf{A}) = 0.3/3 = 0.1 \text{ моль}$.

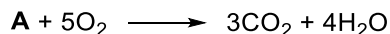
Исходя из уравнений реакций горения **A** и **B** определим состав этих УВ:



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:




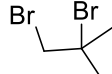


Формула **A** – C₃H₈. Это пропан.

Рассчитаем их массовые доли в изначальной смеси:

$$m(\mathbf{A}) = 0.1 \times 44 = 4.4 \text{ г}; m(\mathbf{B}) = 0.05 \times 56 = 2.8 \text{ г}. \omega(\mathbf{A}) = 61.1\%; \omega(\mathbf{B}) = 38.9\%.$$

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

A	B	C	D	E	F
		CO ₂	Br ₂		

Рекомендации к оцениванию:

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

ИТОГО: 5 баллов