

10 класс

I вариант

№ 1

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)

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

Рекомендации к оцениванию

1. 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) $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HNO}_{3(\text{к.})} = \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2) $3\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{NO}_2 + \text{O}_2$

3) $\text{SnCl}_2 + 2\text{HNO}_{3(\text{к.})} = \text{SnO}_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{HCl}$

4) $\text{AlCl}_3 + 3\text{CH}_3\text{COOAg} = (\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Al} + 3\text{AgCl}$

Сокращенные ионные уравнения для реакций, протекающих в растворе:

1) $\text{Cr}^{2+} + \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ = \text{Cr}^{3+} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2) $\text{Sn}^{2+} + 2\text{NO}_3^- = \text{SnO}_2 + 2\text{NO}_2$

3) $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$

Рекомендации к оцениванию

1. Уравнения реакций 1-4 – каждое по 1 баллу.

$1 \times 4 = 4$ баллов

2. Сокращённое ионное уравнение – 1 балл.

1 балл

ИТОГО: 5 баллов

№ 3

- 1) Реакции получения CO_2 :

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

$\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

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

- 2) Реакции получения NH_3 :

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH} = 2\text{NH}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + 3\text{NaOH} = 2\text{NH}_3 + \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

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 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

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

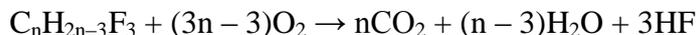
Рекомендации к оцениванию

- | | |
|--|-------------------------|
| 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

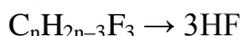
№ 4

Общая формула трифторалкена – $\text{C}_n\text{H}_{2n-3}\text{F}_3$, в общем виде реакция горения записывается следующим образом:



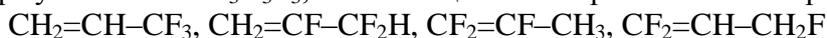
По условию сжигание в кислороде **X** приводит к образованию только газообразных продуктов (20°C , 1 атм), значит, вода в правой части отсутствует: $n = 3$, **X** = $\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_3$.

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:

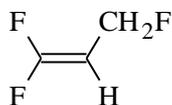


$2n - 3 = 3$, откуда $n = 3$.

Структурные формулы состава $\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_3$, не имеющие геометрических изомеров:

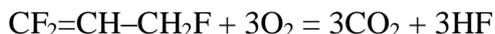


Один атом фтора находится при sp^3 -гибридном атоме углерода только в последней структуре:



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

Уравнение реакции горения:

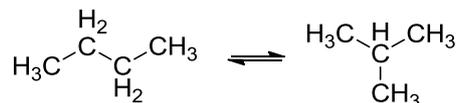


Рекомендации к оцениванию

- | | |
|--|---------|
| 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



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:

$$X(\text{изобутан}) = 0.58$$

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

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 балла |
| 2. Верно записано выражение константы равновесия через мольные доли – 1 балл. | 1 балла |
| 3. Верно рассчитаны мольные доли н-бутана и изобутана – 2 балла. | 2 балл |
| 4. Верно указан катализатор – 1 балл (если указано «катализатор» без конкретного вещества, то 0.5 балла). | 1 балла |

ИТОГО: 5 баллов

№ 6

В реакции **В** с кислородом образуется вода и газ **С**, тогда как в реакции **В** с простым веществом **Д** при облучении образуется **Г** и HBr , откуда можно сделать предположение, что **В** не содержит брома в своем составе (так как у брома не существует оксидов, которые устойчивы в газообразном состоянии, т.е. **С** не может содержать бром). Тогда простое вещество **Д** – 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 **В** – **УВ**. Тогда газ **С** – это углекислый газ, а так как и при сгорании **А** образуется H_2O и CO_2 , то это тоже **УВ**, при этом непредельный (т.к. **А** реагирует с бромом без облучения).

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

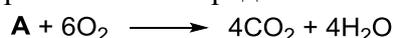
$$m(\text{Br}_2) = 5.16 \times 3.102 = 16 \text{ г}; n(\text{Br}_2) = 0.1 \text{ моль.}$$

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

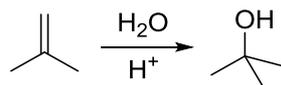
$$n(\text{CO}_2) = 12.32/22.4 = 0.55 \text{ моль}; n(\text{CO}_2)_{\text{изА}} = 0.1 \times 4 = 0.4 \text{ моль}; n(\text{CO}_2)_{\text{изВ}} = 0.55 - 0.4 = 0.15 \text{ моль.}$$

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

Исходя из уравнений реакций горения **А** и **В** определим состав этих **УВ**:



В левой и правой части этого уравнения одинаковое количество атомов кислорода, значит формула **А** – C_4H_8 (C_2H_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:

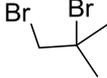


Формула **В** – C_3H_8 . Это пропан.

Рассчитаем их массовые доли в начальной смеси:

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

При действии брома на **А** получается 1,2-дибром-2-метилпропан (**Е**), а при действии брома на **В** при облучении получается 2-бромпропан (**Г**).

A	B	C	D	E	F
		CO ₂	Br ₂		

Рекомендации к оцениванию

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

II вариант

№ 1

Возможный вариант решения:

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

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

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

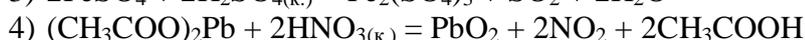
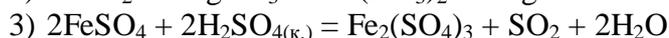
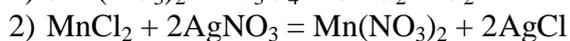
Na₂CO₃ · 10H₂O = Na₂CO₃ + 10H₂O (прокаливание стирального порошка).

Рекомендации к оцениванию

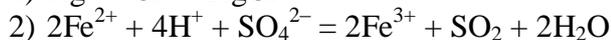
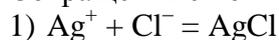
- Каждое синтезированное вещество (при наличии уравнения реакции с указанием условий и источника реагентов) – по 1 баллу. *1 × 5 = 5 баллов*

ИТОГО: *5 баллов*

№ 2



Сокращенные ионные уравнения для реакций, протекающих в растворе:



Рекомендации к оцениванию

- Уравнения реакций 1-4 – каждое по 1 баллу. *1 × 4 = 4 баллов*
- Сокращённое ионное уравнение – 1 балл. *1 балл*

ИТОГО: *5 баллов*

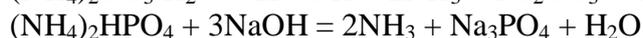
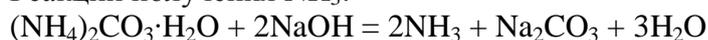
№ 3

1) Реакции получения CO₂:



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

2) Реакции получения NH₃:



Может быть другая щелочь.

3) Расчет:

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

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

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

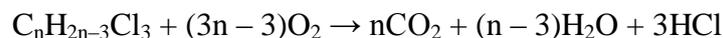
Рекомендации к оцениванию

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Реакции получения CO_2 – по 0.5 балла. | $0.5 \times 2 = 1 \text{ балл}$ |
| 2. Реакции получения аммиака – 1 балл. | $0.5 \times 2 = 1 \text{ балл}$ |
| 3. Массовая доля каждого компонента – по 1 баллу. | $1 \times 3 = 3 \text{ балла}$ |

ИТОГО: **5 баллов**

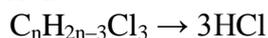
№ 4

Общая формула трихлоралкена – $\text{C}_n\text{H}_{2n-3}\text{Cl}_3$, в общем виде реакция горения записывается следующим образом:



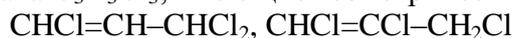
По условию сжигание в кислороде **X** приводит к образованию только газообразных продуктов (20°C , 1 атм), значит, вода в правой части отсутствует: $n = 3$, **X** = $\text{C}_3\text{H}_3\text{Cl}_3$.

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:

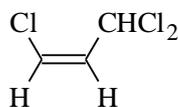


$2n - 3 = 3$, откуда $n = 3$.

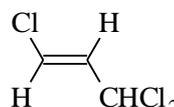
Структурные формулы состава $\text{C}_3\text{H}_3\text{Cl}_3$, имеющие геометрические изомеры:



Два атома хлора находятся при sp^3 -гибридном атоме углерода в первой структуре:



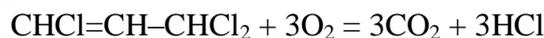
цис-изомер (или (*Z*)-изомер)



транс-изомер (или (*E*)-изомер)

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

Уравнение реакции горения:

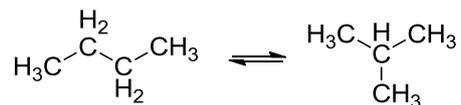


Рекомендации к оцениванию

- | | |
|--|-------------------|
| 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



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 балла |
| 2. Верно записано выражение константы равновесия через мольные доли – 1 балл | 1 балла |
| 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 балла |

ИТОГО: 5 баллов

№ 6

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 H_2O и CO_2 , 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: $n(\text{B}) = 0.05$ моль. Откуда рассчитаем количество вещества **A**:

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

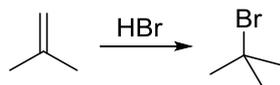
Откуда $n(\text{A}) = 0.3/3 = 0.1$ моль.

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** – C_4H_8 (C_2H_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 реакции с бромоводородом:



То же самое проделываем со вторым уравнением:

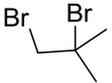


Формула **A** – C_3H_8 . Это пропан.

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 (если без обоснования – по 0.5 балла за каждую). $2 \times 2 = 4$ балла
- Количественный состав смеси с расчетом – 1 балл (без расчетов – 0 баллов). 1 балл

ИТОГО: 5 баллов