

## 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  $\text{CO}_2$ :

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

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

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

- 2) Реакции получения  $\text{NH}_3$ :

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

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

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  $\text{K}_2\text{CO}_3$  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  $\text{K}_2\text{CO}_3$      $z = 1.240$  г  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

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

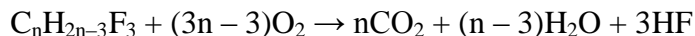
### Рекомендации к оцениванию

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. Реакции получения $\text{CO}_2$ – 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**

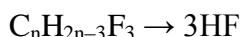
### № 4

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



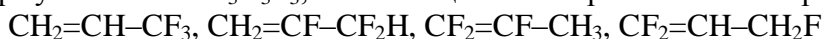
По условию сжигание в кислороде **X** приводит к образованию только газообразных продуктов ( $20^\circ\text{C}$ , 1 атм), значит, вода в правой части отсутствует:  $n = 3$ , **X** =  $\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_3$ .

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

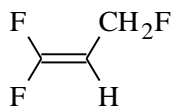


$2n - 3 = 3$ , откуда  $n = 3$ .

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

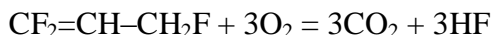


Один атом фтора находится при  $\text{sp}^3$ -гибридном атоме углерода только в последней структуре:



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

Уравнение реакции горения:

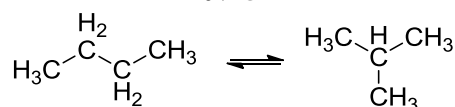


### Рекомендации к оцениванию

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Молекулярная формула <b>X</b> с обоснованием – 2 балла (без обоснования – 1 балл) | 2 балла |
| 2. Структурная формула <b>X</b> – 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:

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

Сумма мольных долей всех соединений равна 1:

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

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  $\text{AlCl}_3$ .

### 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  $\text{HBr}$ , 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  $\text{HBr}$ , соответственно **В** – **УВ**. Тогда газ **С** – это углекислый газ, а так как и при сгорании **А** образуется  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ , то это тоже **УВ**, при этом непредельный (т.к. **А** реагирует с бромом без облучения).

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

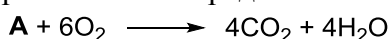
$$m(\text{Br}_2) = 5.16 \times 3.102 = 16 \text{ г}; n(\text{Br}_2) = 0.1 \text{ моль.}$$

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

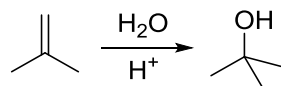
$$n(\text{CO}_2) = 12.32/22.4 = 0.55 \text{ моль}; n(\text{CO}_2)_{\text{изА}} = 0.1 \times 4 = 0.4 \text{ моль}; n(\text{CO}_2)_{\text{изВ}} = 0.55 - 0.4 = 0.15 \text{ моль.}$$

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

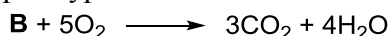
Исходя из уравнений реакций горения **А** и **В** определим состав этих **УВ**:



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



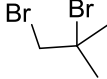



Формула **В** –  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Это пропан.

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 <sub>2</sub>	Br <sub>2</sub>		

### 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 + CH<sub>3</sub>COOH = CH<sub>3</sub>COONa + H<sub>2</sub>O (гидроксид натрия содержится в средствах для промывки труб).

CaCO<sub>3</sub> + 2CH<sub>3</sub>COOH = Ca(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>.

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 2NH<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O (разрыхлитель для теста, возможен вариант с бикарбонатом аммония).

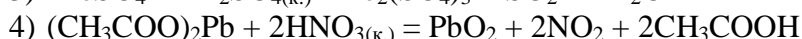
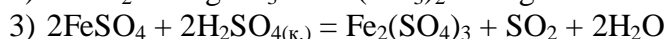
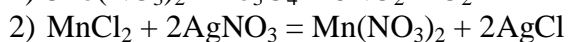
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·10H<sub>2</sub>O = Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 10H<sub>2</sub>O (прокаливание стирального порошка).

#### Рекомендации к оцениванию

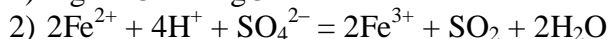
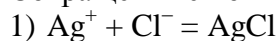
- Каждое синтезированное вещество (при наличии уравнения реакции с указанием условий и источника реагентов) – по 1 баллу. *1 × 5 = 5 баллов*

**ИТОГО:** *5 баллов*

### № 2



Сокращенные ионные уравнения для реакций, протекающих в растворе:



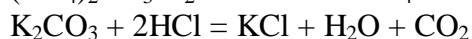
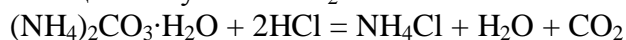
#### Рекомендации к оцениванию

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

**ИТОГО:** *5 баллов*

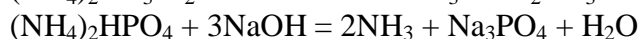
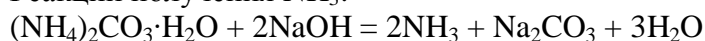
### № 3

1) Реакции получения CO<sub>2</sub>:



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

2) Реакции получения NH<sub>3</sub>:



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  $\text{K}_2\text{CO}_3$  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  $\text{K}_2\text{CO}_3$      $z = 0.367$  г  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

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

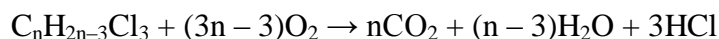
#### Рекомендации к оцениванию

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. Реакции получения $\text{CO}_2$ – 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**

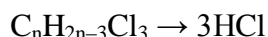
#### № 4

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



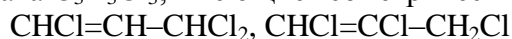
По условию сжигание в кислороде **X** приводит к образованию только газообразных продуктов ( $20^\circ\text{C}$ , 1 атм), значит, вода в правой части отсутствует:  $n = 3$ , **X** =  $\text{C}_3\text{H}_3\text{Cl}_3$ .

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

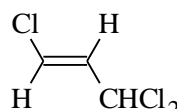
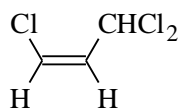


$2n - 3 = 3$ , откуда  $n = 3$ .

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



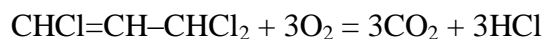
Два атома хлора находятся при  $sp^3$ -гибридном атоме углерода в первой структуре:



*цис*-изомер (или *Z*-изомер)    *транс*-изомер (или *E*-изомер)

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

Уравнение реакции горения:

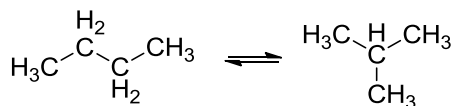


#### Рекомендации к оцениванию

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Молекулярная формула <b>X</b> с обоснованием – 2 балла (без обоснования – 1 балл) | 2 балла |
| 2. Структурная формула <b>X</b> – 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  $\text{AlCl}_3$ .

**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  $\text{HBr}$ , 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  $\text{HBr}$ , соответственно **A** – УВ. Тогда газ **C** – это углекислый газ, а так как и при сгорании **B** образуется  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$ , то это тоже УВ, при этом непредельный (т.к. **B** реагирует с бромом без облучения).

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

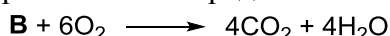
$$m(\text{Br}_2) = 2.58 \times 3.102 = 8 \text{ г}; n(\text{Br}_2) = 0.05 \text{ моль.}$$

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

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

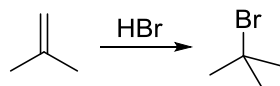
Откуда  $n(\text{A}) = 0.3/3 = 0.1$  моль.

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

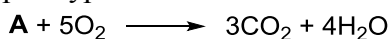


В левой и правой части этого уравнения одинаковое количество атомов кислорода, значит формула **B** –  $\text{C}_4\text{H}_8$  ( $\text{C}_2\text{H}_4$  не подходит, так как в таком случае все коэффициенты бы сократились на 2). Существует несколько изомерных соединений с тем же составом, однако

ни одно из них кроме изобутилена (2-метилпропена) не подходит из-за наличия в условии реакции с бромоводородом:



То же самое проделываем со вторым уравнением:




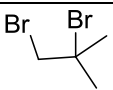


Формула **A** – C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Это пропан.

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**).

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
		CO <sub>2</sub>	Br <sub>2</sub>		

### 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 (без расчетов – 0 баллов). 1 балл

**ИТОГО:** 5 баллов