

## 11 класс

### Задача 1. Важное вещество

Вещество **X** является одним из самых крупнотоннажных продуктов современной химической промышленности. В больших масштабах его получают из газа **A**, который выделяют из воздуха, затем смешивают с газом **B** и нагревают при 500°C и 350 атм в присутствии катализатора (*реакция 1*). Плотности газов **A** и **B** различаются в 14 раз, а смесь этих газов в мольном соотношении 1 : 3 имеет молярную массу 8.5 г/моль. В лаборатории для получения **X** обычно используют нагревание твердой смеси гашеной извести и соли **B**, содержащей 66.355% хлора по массе (*реакция 2*). Каталитическое окисление **X** приводит к бесцветному газу **Г** (*реакция 3*), быстро бурящему на воздухе (*реакция 4*). Вещество **X** проявляет выраженные основные свойства, например, реагирует с хлороводородом (*реакция 5*), но в жидком агрегатном состоянии при низких температурах **X** может выступить и в роли кислоты, например, вступить в реакцию с калием с образованием соли **D** и выделением газа **B** (*реакция 6*).

1. Установите формулы **X**, а также веществ **A – D**. Состав газов **A** и **B** подтвердите расчетом молярных масс. Какова объемная доля газа **A** в воздухе? Каким образом **A** выделяют из воздуха?

2. Какую геометрическую форму имеет молекула **X**, чему равен валентный угол в ней? Какова гибридизация орбиталей центрального атома в молекуле **X**? Чем обусловлены основные свойства **X**?

3. Запишите электронную конфигурацию атома калия в виде  $1s^2\dots$ . Приведите три примера элементов, обладающих более сильными металлическими свойствами, чем калий.

4. Напишите уравнения *реакций 1–6*. Для *реакции 6* составьте схему электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель.

5. Используя принцип Ле Шателье, укажите, как нужно изменять давление и температуру, чтобы сместить равновесие *реакции 1* в сторону образования **X**, если эта реакция экзотермична.

### Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	<p>Поскольку молярная масса смеси газов <b>A</b> и <b>B</b> меньше 9, то один из газов очень легкий, скорее всего, это водород <math>H_2</math> (<math>M(H_2) = 2</math> г/моль). Поскольку водород не выделяют из воздуха, то <math>H_2</math> – это газ <b>B</b>. Тогда второй газ входит в состав воздуха и имеет молярную массу <math>M(A) = 2 \times 14 = 28</math> г/моль, что соответствует азоту <math>N_2</math>. Можно провести и более строгий расчет. В смеси газов <b>A</b> и <b>B</b> в соотношении 1 : 3 мольная доля газа <b>A</b> равна 0.25, а мольная доля <b>B</b> – 0.75. Если обозначить молярные массы газов <b>A</b> и <b>B</b> через <math>x</math> и <math>y</math>, мы получим систему уравнений:</p> $x / y = 14$ $0.25x + 0.75y = 8.5$ <p>Решая данную систему, получим <math>x = 28</math>, <math>y = 2</math></p> <p>В результате реакции азота с водородом образуется газ <b>X</b> – аммиак <math>NH_3</math>. Для получения аммиака в лаборатории в реакцию с гашеной известью (<math>Ca(OH)_2</math>) нужно ввести соль аммония, значит <b>B</b> – хлорид аммония <math>NH_4Cl</math>, что подтверждается расчетом массовой доли хлора: <math>\omega(Cl) = 35.5 / 53.5 = 66.355\%</math>.</p>	

	<p>При каталитическом окислении аммиака образуется оксид азота (II) <b>NO</b> – газ <b>Г</b>. При реакции жидкого аммиака с калием образуется амид калия <b>KNH<sub>2</sub></b> – соль <b>Д</b>.</p> <p>Таким образом:</p> <p><b>Х – NH<sub>3</sub>      А – N<sub>2</sub>      Б – H<sub>2</sub></b>  <b>В – NH<sub>4</sub>Cl      Г – NO      Д – KNH<sub>2</sub></b></p> <p>Объемная доля азота в воздухе равна <b>78%</b></p> <p>Азот выделяют из воздуха <b>фракционной перегонкой</b> (дистилляцией) при низких температурах – сжижают воздух и затем перегоняют, разделяя фракции по температуре кипения.</p>	<p><b>6×1 = 6 б</b></p> <p><b>1 б</b></p> <p><b>1 б</b></p>						
2.	<p>Молекула аммиака имеет форму <b>тригональной (треугольной) пирамиды</b> (тетраэдр не засчитывается как правильный ответ).</p> <p>Валентный угол близок к тетраэдрическому и равен <b>~108°</b> (принимаются значения 104 – 109.5°).</p> <p>Гибридизация орбиталей атома азота – <b>sp<sup>3</sup></b>.</p> <p>Основные свойства аммиака обусловлены наличием у атома азота <b>неподеленной электронной пары</b> (аммиак способен выступать донором неподеленной электронной пары и образовывать с протоном донорно-акцепторную связь).</p>	<p><b>1 б</b></p> <p><b>1 б</b></p> <p><b>1 б</b></p> <p><b>1 б</b></p>						
3	<p>Электронная конфигурация атома калия:  <b>1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>4s<sup>1</sup></b></p> <p>Элементы с более выраженными металлическими свойствами:  <b>Rb, Cs, Fr</b></p>	<p><b>1 б</b></p> <p><b>2 б</b></p>						
4.	<p><i>Реакция 1:</i> <math>N_2 + 3H_2 = 2NH_3</math></p> <p><i>Реакция 2:</i> <math>Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl = CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O</math> (при нагревании)</p> <p><i>Реакция 3:</i> <math>4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O</math> (на катализаторе)</p> <p><i>Реакция 4:</i> <math>2NO + O_2 = 2NO_2</math></p> <p><i>Реакция 5:</i> <math>NH_3 + HCl = NH_4Cl</math></p> <p><i>Реакция 6:</i> <math>2K + 2NH_3 = 2KNH_2 + H_2\uparrow</math></p> <p>Схема электронного баланса:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td><math>K^0 - 1e = K^+</math></td> <td>2</td> <td><math>K^0</math> – восстановитель</td> </tr> <tr> <td><math>2H^+ + 2e = H_2</math></td> <td>1</td> <td><math>H^+</math> (<math>NH_3</math>) – окислитель</td> </tr> </tbody> </table>	$K^0 - 1e = K^+$	2	$K^0$ – восстановитель	$2H^+ + 2e = H_2$	1	$H^+$ ( $NH_3$ ) – окислитель	<p><b>6×1 = 6 б</b></p> <p><b>2 б</b></p>
$K^0 - 1e = K^+$	2	$K^0$ – восстановитель						
$2H^+ + 2e = H_2$	1	$H^+$ ( $NH_3$ ) – окислитель						
5.	<p>Реакция <math>N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3</math> экзотермична и идет с уменьшением количества молей газов. Следовательно, для смещения равновесия вправо (в сторону образования аммиака) по принципу Ле Шателье нужно:</p> <p><b>увеличить давление и уменьшить температуру</b></p>	<p><b>2 б</b></p>						
<b>Итого</b>		<b>25 баллов</b>						

При отсутствии (неправильной расстановке) коэффициентов в уравнениях реакций необходимо снижать баллы вдвое.

### Задача 2. Глицин

Профессор дал юному химику интересное задание: используя натриевые соли **X**, **Y** и **Z**, синтезировать аминокислоту глицин. Известно, что молярные массы **X** и **Y** различаются в 1.419 раза, а молярные массы **Y** и **Z** различаются на 1 г/моль. Юный химик успешно выполнил задание, придумав следующую последовательность реакций. Сначала он провел электролиз водного раствора **X** (реакция 1), получив окрашенный газ **A**. Затем юный химик нагрел водный раствор **Y** (реакция 2), получив бесцветный газ **B**. Газы **A** и **B** обладают резким запахом, их молярные массы различаются в 4.176 раза. Далее юный химик смешал **Z** с соляной кислотой (реакция 3), полученную кислоту **B** он выделил и обработал сначала газом **A** (реакция 4), а потом избытком **B** (реакция 5), получив в результате глицин.

1. Установите формулы веществ **X – Z**, **A – B**, ответ подтвердите расчетом. Приведите структурную формулу глицина.

2. Напишите полные уравнения реакций 1–5, используя структурные формулы для органических веществ.

3. Для реакции 3 составьте полное и сокращенное ионно-молекулярные уравнения.

4. При проведении реакции 1 юный химик взял 117 г 10% водного раствора **X**. В результате электролиза он получил 1.344 л (н.у.) **A**. Рассчитайте массовые доли (%) веществ в растворе после окончания электролиза и максимальную массу глицина, которую можно получить, используя это количество **A**.

### Решение и Критерии оценивания

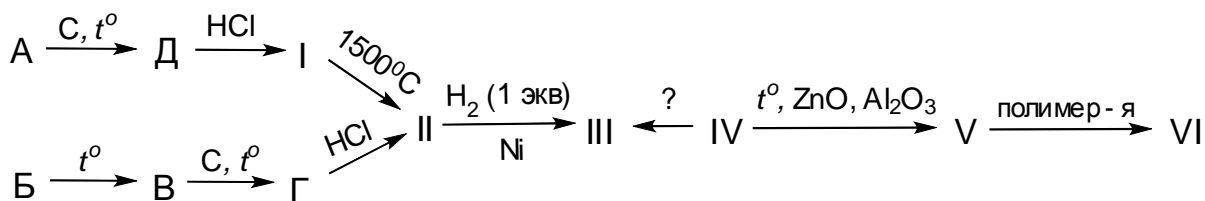
№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	<p>В стандартной схеме синтеза глицина уксусную кислоту обрабатывают сначала хлором, а затем аммиаком. Это предположение согласуется с отношением молярных масс газов <b>A</b> и <b>B</b>:</p> $M(\text{Cl}_2) / M(\text{NH}_3) = 71 / 17 = 4.176$ <p>Хлор можно получить электролизом водного раствора хлорида, значит, <b>X</b> – хлорид натрия <b>NaCl</b>.</p> <p>Аммиак выделяется при гидролизе нитридов, то есть <b>Y</b> – нитрид натрия <b>Na<sub>3</sub>N</b>, что также согласуется с отношением молярных масс:</p> $M(\text{Na}_3\text{N}) / M(\text{NaCl}) = 83 / 58.5 = 1.419$ <p>Молярная масса <b>Z</b> равна 82 или 84. Первое значение соответствует ацетату натрия, то есть <b>Z</b> – <b>CH<sub>3</sub>COONa</b>, тогда <b>B</b> – уксусная кислота <b>CH<sub>3</sub>COOH</b>.</p> <p>Таким образом,</p> <p><b>X</b> – <b>NaCl</b>      <b>Y</b> – <b>Na<sub>3</sub>N</b>      <b>Z</b> – <b>CH<sub>3</sub>COONa</b>  <b>A</b> – <b>Cl<sub>2</sub></b>      <b>B</b> – <b>NH<sub>3</sub></b>      <b>B</b> – <b>CH<sub>3</sub>COOH</b></p> <p>Структурная формула глицина:</p> $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array}$	<p>6×1 = 6 б</p> <p>1 б</p>
2.	<p>Реакция 1: <math>2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow</math> (электролиз)</p> <p>Реакция 2: <math>\text{Na}_3\text{N} + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{NaOH} + \text{NH}_3</math></p> <p>Реакция 3: <math>\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}</math></p> <p>Реакция 4:</p> $\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \\   \\ \text{Cl} \end{array} + \text{HCl}$	5×2 = 10 б

	<p><i>Реакция 5:</i></p> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2-\text{C} \\   \quad \backslash \\ \text{Cl} \quad \text{OH} \end{array} + 2\text{NH}_3 (\text{изб}) \longrightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2-\text{C} \\   \quad \backslash \\ \text{NH}_2 \quad \text{OH} \end{array} + \text{NH}_4\text{Cl}$	
3	<p>Полное ионно-молекулярное уравнение:  <math>\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{Cl}^- = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-</math>                      Сокращенное ионно-молекулярное уравнение:  <math>\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ = \text{CH}_3\text{COOH}</math></p>	<p><b>16</b></p> <p><b>16</b></p>
4.	<p>В 117 г 10% водного раствора NaCl  <math>m(\text{NaCl}) = 117 \times 0.1 = 11.7 \text{ г}</math>  <math>n(\text{NaCl}) = m/M = 11.7 / 58.5 = 0.2 \text{ моль}</math>  <math>n(\text{Cl}_2) = V/V_M = 1.344 / 22.4 = 0.06 \text{ моль}</math>                      Значит, электролизу подверглось <math>n(\text{NaCl})_{\text{прореаг.}} = 2n(\text{Cl}_2) = 0.12 \text{ моль}</math>                      В конечном растворе:  <math>n(\text{NaCl})_{\text{ост.}} = 0.2 - 0.12 = 0.08 \text{ моль}</math>      <math>m(\text{NaCl})_{\text{ост.}} = 0.08 \times 58.5 = 4.68 \text{ г}</math>  <math>n(\text{NaOH}) = 0.12 \text{ моль}</math>      <math>m(\text{NaOH}) = 0.12 \times 40 = 4.8 \text{ г}</math>                      Масса конечного раствора:  <math>m(\text{р-ра}) = 117 - m(\text{H}_2) - m(\text{Cl}_2) = 117 - 0.06 \times 2 - 0.06 \times 71 = 112.62 \text{ г}</math>                      Массовые доли веществ в растворе:  <math>\omega(\text{NaCl}) = 4.68 / 112.62 = \mathbf{0.0416 (4.16\%)}</math>  <math>\omega(\text{NaOH}) = 4.8 / 112.62 = \mathbf{0.0426 (4.26\%)}</math>                      Исходя из стехиометрии <i>реакций 4 и 5</i>, из 0.06 моль хлора можно максимально синтезировать 0.06 моль глицина, следовательно,  <math>m(\text{глицина}) = 0.06 \times 75 = \mathbf{4.5 \text{ г}}</math></p>	<p><b>26</b></p> <p><b>26</b></p> <p><b>26</b></p>
	<b>Итого</b>	<b>25 баллов</b>

При отсутствии (неправильной расстановке) коэффициентов в уравнениях реакций необходимо снижать баллы вдвое.

### Задача 3. Минералы и органические вещества

Используя распространенные минералы **A** и **B**, можно получить важные органические соединения **I** – **III**. Вещество **A** является оксидом и составляет основу глины и таких драгоценных камней как рубин и сапфир. Вещество **B** при нагревании (*реакция 1*) теряет 44% массы и образует твердый остаток **B**. Молярные массы **A** и **B** различаются в 1.82 раза. При сплавлении веществ **A** и **B** с избытком угля при высокой температуре (*реакции 2 и 3*) образуются бинарные соединения **Д** и **Г**, обработка которых соляной кислотой (*реакции 4 и 5*) приводит к получению газов **I** и **II**. Вещество **I** может быть превращено в **II** при быстром нагревании до 1500°C (*реакция 6*). При действии одного моль водорода на вещество **II** (*реакция 7*) образуется соединение **III**, которое можно также получить из жидкости **IV** (*реакция 8*). При сжигании 6.9 г вещества **IV** в избытке кислорода образуется 6.72 л (н.у.) углекислого газа и 8.1 мл воды. Нагревание вещества **IV** в присутствии катализатора приводит к соединению **V** (*реакция 9*), которое способно полимеризоваться с образованием ценного вещества **VI** (*реакция 10*). Все описанные превращения отражены на схеме:



1. Установите формулы веществ **A** – **Д**, ответ подтвердите расчетом. Приведите тривиальные названия минералов **A** и **B**.
2. Установите брутто-формулу вещества **IV** по продуктам его сгорания.
3. Приведите структурные формулы органических веществ **I** – **VI**. Каковы условия реакции превращения **IV** в **III** ?
4. Напишите полные уравнения *реакций 1–10*.

### Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	<p>Судя по описанию, вещество <b>A</b> – это оксид алюминия <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> – именно он составляет основу глины. Вещество <b>B</b>, вероятно, тоже оксид, тогда <math>M(\text{B}) = M(\text{A}) / 1.82 = 102 / 1.82 = 56</math> г/моль, что соответствует оксиду кальция <b>CaO</b>. Исходя из потери массы при нагревании <b>B</b>: <math>M(\text{B}) = 100</math> г/моль – это карбонат кальция <b>CaCO<sub>3</sub></b> (<math>(100-56) / 100 = 44\%</math>). При нагревании оксидов с избытком угля образуются соответствующие карбиды – <math>\text{Al}_4\text{C}_3</math> и <math>\text{CaC}_2</math>. Таким образом,</p> <p><b>A</b> – <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>    <b>B</b> – <math>\text{CaCO}_3</math>    <b>B</b> – <math>\text{CaO}</math>    <b>Г</b> – <math>\text{CaC}_2</math>    <b>Д</b> – <math>\text{Al}_4\text{C}_3</math></p> <p>Тривиальные названия минералов (принимаются любые из приведенных названий):</p> <p><math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> – глинозем или корунд  <math>\text{CaCO}_3</math> – известняк, мел или мрамор</p>	<p>5×1 = 5 б</p> <p>2×1 = 2 б</p>
2.	<p>Установление молекулярной формулы вещества <b>IV</b> – <math>\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z</math>:</p> <p><math>n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 6.72 / 22.4 = 0.3</math> моль (<math>m = 0.3 \times 12 = 3.6</math> г)  <math>n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 8.1 / 18 = 0.9</math> моль (<math>m = 1 \times 0.9 = 0.9</math> г)  <math>m(\text{O}) = 6.9 - 3.6 - 0.9 = 2.4</math> г    <math>n(\text{O}) = 2.4 / 16 = 0.15</math> моль  <math>x : y : z = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 0.3 : 0.9 : 0.15 = 2 : 6 : 1</math></p> <p>Следовательно, простейшая брутто-формула <b>IV</b> – <math>\text{C}_2\text{H}_6\text{O}</math></p>	1 б

3	<p>При разложении карбида алюминия соляной кислотой образуется метан <b>СН<sub>4</sub></b> (вещество <b>I</b>), при разложении карбида кальция – ацетилен <b>С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub></b> (вещество <b>II</b>), который образуется и при флеш-пиролизе метана при 1500°С. Присоединение 1 моль водорода к ацетилену приводит к этилену <b>С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub></b> (вещество <b>III</b>). Один из способов получения этилена – дегидратация этанола <b>С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub>ОН</b> (вещество <b>IV</b>). Нагревание этанола в присутствии смешанного оксидного катализатора приводит к бутадиену <b>С<sub>4</sub>Н<sub>6</sub></b> (вещество <b>V</b>), который при полимеризации образует <b>бутадиеновый каучук</b> (вещество <b>VI</b>).</p> <p>Структурные формулы органических веществ:</p> <p><b>I</b> – СН<sub>4</sub>                      <b>IV</b> – СН<sub>3</sub>СН<sub>2</sub>ОН  <b>II</b> – НС≡СН                <b>V</b> – СН<sub>2</sub>=СН–СН=СН<sub>2</sub>  <b>III</b> – СН<sub>2</sub>=СН<sub>2</sub>        <b>VI</b> – <math>\left[ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_n</math> или <math>\left[ \text{CH}_2-\underset{\text{CH}=\text{CH}_2}{\text{CH}} \right]_n</math></p> <p>Превращение <b>IV</b> → <b>III</b> можно осуществить двумя способами:  – нагревание в присутствии конц. серной кислоты (<b>t°</b>, <b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(к)</b>),  – нагревание в присутствии оксидов некоторых металлов (например, <b>t°</b>, <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>). В качестве правильного засчитывается любой из приведенных вариантов, указание конкретного значения температуры не требуется.</p>	<p>6×1 = <b>6 б</b></p> <p><b>1 б</b></p>
4.	<p><i>Реакция 1:</i> CaCO<sub>3</sub> = CaO + CO<sub>2</sub> (при нагревании)  <i>Реакция 2 (3):</i> 2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 9C = Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> + 6CO (при нагревании)  <i>Реакция 3 (2):</i> CaO + 3C = CaC<sub>2</sub> + CO (при нагревании)  <i>Реакция 4 (5):</i> CaC<sub>2</sub> + 2HCl = CaCl<sub>2</sub> + C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>↑  <i>Реакция 5 (4):</i> Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> + 12HCl = 4AlCl<sub>3</sub> + 3CH<sub>4</sub>↑  <i>Реакция 6:</i> 2СН<sub>4</sub> = НС≡СН + 3Н<sub>2</sub> (1500°С)  <i>Реакция 7:</i> НС≡СН + Н<sub>2</sub> = СН<sub>2</sub>=СН<sub>2</sub> (Ni)  <i>Реакция 8:</i> С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub>ОН = СН<sub>2</sub>=СН<sub>2</sub> + Н<sub>2</sub>О (<b>t°</b>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (конц))  <i>Реакция 9:</i> <math>2 \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} \xrightarrow{\text{t}^\circ, \text{кат}} \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}</math>  <i>Реакция 10:</i>  <math>n \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{t}^\circ} \left[ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_n</math> или <math>\left[ \text{CH}_2-\underset{\text{CH}=\text{CH}_2}{\text{CH}} \right]_n</math></p>	<p>10×1 = <b>10 б</b></p>
<b>Итого</b>		<b>25 баллов</b>

При отсутствии (неправильной расстановке) коэффициентов в уравнениях реакций необходимо снижать баллы вдвое.



#### Задача 4. «Холодное» пламя

При горении различных веществ мы обычно наблюдаем характерное пламя, цвет которого может принимать разные оттенки. Температура пламени может достигать очень высоких величин (до 5000°C) и зависит от теплового эффекта протекающей реакции горения – чем больше тепла выделяется в реакции, тем сильнее нагреваются продукты сгорания, соответственно, тем выше температура пламени. Пламя называют «холодным», если его температура отличается от температуры окружающей среды не более чем на 200°C.

Одним из веществ, сгорающих с образованием «холодного» зеленого пламени, является жидкость **X**, относящаяся к классу сложных эфиров. При сгорании навески **X** массой 10.4 г выделяется 299 кДж теплоты, и образуются 6.72 л (н.у.) углекислого газа, 8.1 мл воды и 3.5 г твердого оксида **Y** с массовой долей кислорода 68.57%.

Сероуглерод  $CS_2$  также сгорает «холодным» пламенем. Теплота образования сероуглерода равна  $-88.7$  кДж/моль, а для углекислого и сернистого газов теплоты образования соответственно равны 393.5 и 297 кДж/моль.

1. Определите брутто-формулы веществ **X** и **Y**, проведя расчет по продуктам сгорания и массовой доле кислорода. Приведите структурную формулу **X**. Запишите термохимическое уравнение реакции сгорания **X**.

2. Рассчитайте тепловой эффект реакции сгорания сероуглерода и запишите соответствующее термохимическое уравнение.

3. Рассчитайте удельные теплоты сгорания (в кДж/г) жидкости **X** и сероуглерода. На основании этих данных сделайте вывод, какое из веществ сгорает более «холодным» пламенем.

#### Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	<p>Определим формулу оксида <b>Y</b>:</p> <p>В общем виде формула оксида – <math>\text{Э}_2\text{O}_n</math>  <math>M(\text{Э}_2\text{O}_n) = 16n / 0.6857 = 23.33n</math> г/моль  <math>M(2\text{Э}) = 23.33n - 16n = 7.33n</math>, <math>M(\text{Э}) = 3.67n</math>                      При <math>n = 3</math> получаем разумный вариант: <math>M(\text{Э}) = 11</math> г/моль – это бор В                      Тогда оксид <b>Y</b> – <math>\text{B}_2\text{O}_3</math></p> <p>Установление молекулярной формулы вещества <b>X</b>:</p> $\text{C}_x\text{H}_y\text{B}_z\text{O}_k + \text{O}_2 \rightarrow x\text{CO}_2 + y/2\text{H}_2\text{O} + z/2\text{B}_2\text{O}_3$ <p><math>n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 6.72 / 22.4 = 0.3</math> моль (<math>m = 12 \times 0.3 = 3.6</math> г)  <math>n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 8.1 / 18 = 0.9</math> моль (<math>m = 1 \times 0.9 = 0.9</math> г)  <math>n(\text{B}) = 2n(\text{B}_2\text{O}_3) = 2 \times 3.5 / 70 = 0.1</math> моль (<math>m = 11 \times 0.1 = 1.1</math> г)  <math>m(\text{O}) = 10.4 - 3.6 - 0.9 - 1.1 = 4.8</math> г  <math>n(\text{O}) = 4.8 / 16 = 0.3</math> моль  <math>x : y : z : k = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{B}) : n(\text{O}) = 0.3 : 0.9 : 0.1 : 0.3 = 3 : 9 : 1 : 3</math></p> <p>Следовательно, простейшая брутто-формула <b>X</b> – <math>\text{C}_3\text{H}_9\text{BO}_3</math></p> <p>Структурная формула <b>X</b>:</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{O}-\text{B}-\text{OCH}_3 \\   \\ \text{OCH}_3 \end{array}$ <p>На 1 моль <b>X</b> (104 г) выделяется <math>(104/10.4) \times 299 = 2990</math> кДж теплоты.                      Термохимическое уравнение сгорания <b>X</b>:</p> $2\text{C}_3\text{H}_9\text{BO}_3 + 9\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3 + 2990 \text{ кДж}$	<p>3 б</p> <p>3 б</p> <p>2 б</p> <p>3 б</p>

2.	<p>Уравнение реакции сгорания сероуглерода:  <math>\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2</math>                      Рассчитаем тепловой эффект данной реакции, руководствуясь следствием из закона Гесса:  <math>Q = Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 2Q_{\text{обр}}(\text{SO}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CS}_2) = 393.5 + 2 \times 297 - (-88.7) = \mathbf{1076.2 \text{ кДж}}</math>                      Термохимическое уравнение сгорания сероуглерода:  <math>\mathbf{\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2 + 1076.2 \text{ кДж}}</math>                      (в случае неверного теплового эффекта уравнение оценивается в 1 б)</p>	<p><b>3 б</b></p> <p><b>3 б</b></p>
3	<p>Удельные теплоты сгорания:  <math>q(\text{C}_3\text{H}_9\text{BO}_3) = 2990 / 104 = \mathbf{28.75 \text{ кДж/г}}</math>  <math>q(\text{CS}_2) = 1076.2 / 76 = \mathbf{14.16 \text{ кДж/г}}</math>  <math>q(\text{CS}_2) &lt; q(\text{C}_3\text{H}_9\text{BO}_3)</math>, то есть <b>сероуглерод</b> сгорает более «холодным» пламенем.</p>	<p><b>3 б</b></p> <p><b>3 б</b></p> <p><b>2 б</b></p>
<b>Итого</b>		<b>25 баллов</b>

*При отсутствии (неправильной расстановке) коэффициентов в уравнениях реакций необходимо снижать баллы вдвое.*