**Задание 1. (автор А.С. Романов).**

1. Поскольку при водяной конверсии природного газа (метана) могут образовываться  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ , то выбирать кандидата на роль **X** следует из этих веществ. Электролизом из этих веществ получают только  $\text{H}_2$ , значит **X** =  $\text{H}_2$ . Тогда **A** =  $\text{H}_2\text{O}$ .

Активная медь представляет собой свежеполученную медь (например, восстановлением  $\text{CuO}$ ), которая ещё не покрылась слоем окислов и основных карбонатов. С её помощью водород избавляют от кислорода, а с помощью пентаоксида фосфора или хлорида кальция водород избавляют от воды. Так как основной компонент воздуха – азот (78 %), то **B** =  $\text{N}_2$ .

Уравнения реакций: [1]  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\sim 1000^\circ\text{C}, kt = \text{Ni}} \text{CO} + 3\text{H}_2$ ;

[2]  $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\sim 1000^\circ\text{C}, kt = \text{Ni}} \text{CO} + \text{H}_2$ ; [3]  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\sim 200-250^\circ\text{C}, kt = \text{CuO} + \text{ZnO} + \text{Al}_2\text{O}_3} \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ;

[4]  $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{p-p \text{ NaOH, электролиз}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ; [5]  $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{CuO}$ ; [6]  $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HPO}_3$  ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  засчитывается).

При электролизе воды к ней добавляют щелочь для увеличения электропроводности.

2. Рассчитаем количество вещества водорода, который получается из 13 г **D**:  $n(\text{H}_2) = 1 \cdot 4,88 / (0,082 \cdot 298) = 0,1997$  моль. Тогда молярная масса металла в зависимости от степени его окисления в продукте выражается так:  $M(\text{D}) = 13 / (0,1997 \cdot n/2) = 130,2/n$ . Единственным разумным решением является  $n = 2$  и **D** = **Zn**. Теперь можно получить молярную массу соли **E** на 1 атом цинка:  $65,4 / 0,405 = 161,5$  г/моль. Отнимая 65,4 от 161,5 получим 96,1, что хорошо соответствует сульфат-аниону. Тогда **E** =  $\text{ZnSO}_4$ , **C** =  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Уравнение реакции: [7]  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ . Выпуск аппарата налажен в середине 19 века голландской фирмой, основанной аптекарем Петером-Якобом **Киппом**. Так он и называется – аппарат Киппа.

При растворении 13 г цинка в серной кислоте водорода выделится  $0,1997 \cdot 2 = 0,4$  г, значит, масса итогового раствора будет равна  $700 \cdot 1,14 + 13 - 0,4 = 810,6$  г, а масса сульфата цинка равна  $0,1997 \cdot 161,4 = 32,2$  г. Получаем  $\omega(\text{ZnSO}_4) = 32,2 / 810,6 = 0,0397$  или 3,97 %.

В лаборатории водород обычно получают взаимодействием металлов средней активности (чаще всего цинк) с кислотами, чаще всего серной, либо взаимодействием того же цинка или алюминия со щелочью:

[8]  $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2\uparrow$ . Использование гидридов щелочных металлов и самих щелочных металлов не являются обычными способами получения водорода в лаборатории.

3. Молекулярный водород может взаимодействовать с  $\text{CuO}$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CO}$  при нагревании. Оксид алюминия и, тем более, гидроксид калия водородом не восстанавливаются. Газы могут образовываться только в реакциях иода и угарного газа с водородом. Если продукт взаимодействия с иодом однозначен – **HI**, то в случае с  $\text{CO}$  всё не так очевидно. Ясно, что наиболее тяжелым газом является иодоводород, тогда молярная масса второго газа –  $128/8 = 16$  г/моль и это метан  $\text{CH}_4$ . Тогда **4** = **HI**, **3** =  $\text{CH}_4$ .  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{CuO}$  теоретически могут восстанавливаться до  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}$ . Поскольку металлическая медь не черная, а красноватая, то **2** = **Cu**, а **1** =  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( $\omega(\text{O}) = 27,59\%$ ) – магнетит. Уравнения реакций: [9]  $3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;

[10]  $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ ; [11]  $\text{CO} + 3\text{H}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}, p, \text{атм.}, kt = \text{Ni}} \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ; [12]  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{HI}$ .

Выбранные участником олимпиады сложные вещества, реагирующие с водородом, могут быть любыми, подходящими под условие задачи, например:  $\text{C}_2\text{H}_4$  (этилен),  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{IF}_7$ . По сути, можно выбирать почти все соединения, содержащие элементы с высокой степенью окисления, если степеней окисления у этих элементов несколько.

4. При взаимодействии песка (осн. компонент –  $\text{SiO}_2$ ) с избытком магния образуется силицид магния:

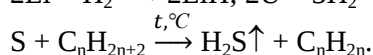
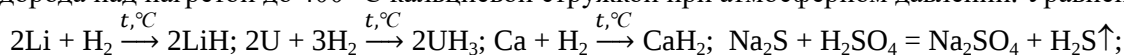
[14]  $3\text{Mg} + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Mg}_2\text{Si} + 2\text{MgO}$ . Силицид магния реагирует с серной кислотой с образованием неустойчивых силанов, среди которых преобладает моносилан: [13]  $\text{Mg}_2\text{Si} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MgSO}_4 + \text{SiH}_4$ . Тогда **5** =  $\text{SiH}_4$ . Поскольку металлы крайне редко образуют газообразные гидриды, то скорее всего остальные два газа представляют собой  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{PH}_3$ . Так как сероводород имеет запах тухлых яиц, а запах тухлой рыбы имеет фосфин, то **7** =  $\text{PH}_3$ , а **6** =  $\text{H}_2\text{S}$ . Почернение серебра связано с присутствием в воздухе следовых количеств сероводорода, который взаимодействует с серебром на воздухе с образованием черного сульфида серебра:

[15]  $2\text{H}_2\text{S} + 4\text{Ag} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{H}_2\text{S} + 2\text{Ag} \xrightarrow{kt = \text{H}_2\text{O}} \text{Ag}_2\text{S} + \text{H}_2\uparrow$ . Самыми легкими атомами, очевидно, являются атомы водорода. Рассчитаем молярную массу распространенного в органической химии восстановителя:  $M = n/0,1053 = 9,5n$ , где  $n$  – число атомов водорода в ф.е. При  $n = 2$  молярная масса вещества равна 19 г/моль, под такую молярную массу невозможно подобрать какое-либо соединение. Тогда при  $n = 4$  молярная масса равна 38 г/моль. Скорее всего это вещество содержит литий, так как молярная масса мала для содержания атомов из остальных представленных веществ. Тогда, вычитая атомную массу лития и четыре атомные массы водорода, получим 27 г/моль, что соответствует алюминию и формула вещества –  $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ .

Ясно, что **8** = **LiH**. Остались гидриды кальция и урана. Вещество **9** находится в вышеуказанном ряду между  $\text{SiH}_4$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , откуда следует, что его наиболее вероятный состав  $\text{ЭH}_3$ . Рассчитаем его молярную массу:  $M(\mathbf{9}) = 1,000/(2 \cdot 0,1394/22,4 \cdot 3) = 241$  г/моль что соответствует формуле **9** = **UH<sub>3</sub>**. В лаборатории гидрид урана синтезируют взаимодействием простых веществ. **10** представляет собой гидрид кальция **10** = **CaH<sub>2</sub>**.

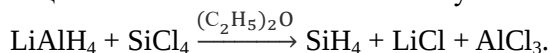
При взаимодействии простых веществ можно получить  $\text{LiH}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{UH}_3$ ,  $\text{CaH}_2$ .

Три гидрида в лаборатории можно синтезировать из простых веществ, а сероводород так получать нерационально, поскольку в условиях синтеза реакция обратима. В лаборатории его получают действием сильных кислот на сульфид натрия или сплавлением серы с парафином. Высокое давление, необходимое для получения гидрида кальция, описанное в условии задачи, – досадная опечатка. Получают его пропусканием водорода над нагретой до 400 °С кальциевой стружкой при атмосферном давлении. Уравнения реакций:

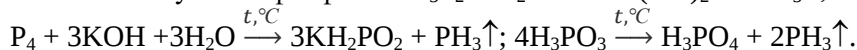


Моносилан можно получить по реакции [13], однако данный способ плох тем, что в этой реакции выделяются и другие силаны (дисилан, трисилан и т.д.), а общий выход силанов достигает всего 20-30 %.

Рациональнее всего моносилан получать по следующей реакции:



Способы получения фосфина:  $\text{Ca}_3\text{P}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{PH}_3\uparrow$ ;  $\text{KOH} + \text{PH}_4\text{I} \rightarrow \text{KI} + \text{H}_2\text{O} + \text{PH}_3\uparrow$ ;



Свой список из шести простых веществ, реагирующих с водородом, может быть, например, таким:  $\text{Cl}_2$  (нагревание или фотоиндукция),  $\text{O}_2$  (нагревание или катализатор, напр. Pt),  $\text{N}_2$  (нагревание, давление, катализатор  $\gamma\text{-Fe}$ ), C (нагревание, давление, катализатор, напр. оксиды железа), Sr (нагревание), K (небольшое нагревание). Подходят любые элементы главных подгрупп, кроме IIIA и VIIIA. Перечень переходных металлов, по-настоящему реагирующих с водородом, очень невелик, обычно эти металлы растворяют водород без образования связи. По условию (**свой** список) элементы из перечня Li, S, Si, U, P, Ca не засчитываются.

#### Система оценивания:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1. Формулы веществ <b>X</b> , <b>A</b> , <b>B</b> и уравнения реакций [1] – [6] по 1 б. Роль щелочи 1 б.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $1 \cdot 3 + 1 \cdot 6 + 1 = 10$ б.                                 |
| 2. Формулы веществ <b>C</b> , <b>D</b> , <b>E</b> и уравнения реакций [7, 8] по 1 б., Кипп 1 б., верный расчет массовой доли 2 б. (без учета выделившегося водорода 1 б., несмотря на верный ответ).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $1 \cdot 6 + 2 = 8$ б.                                              |
| 3. За каждый верный выбор по 1 б., неверный минус 1 б., но не меньше 0 баллов за вопрос. Уравнения реакций [9] – [12] и формулы веществ <b>1-4</b> по 1 б. За каждое правильное вещество в предложенном списке по 1 б., неверное минус 1 б., верное вещество при невыполнении условия разнородности 0 б. Оцениваются первые 5 из любого количества предложенных веществ. Ставится не меньше 0 баллов за вопрос.                                                                                                                    | $(1+1+1) \cdot 4 + 1 \cdot 5 = 17$ б.                               |
| 4. Формулы веществ <b>5-10</b> по 1 б., за каждый верный выбор из перечня по 1 б., неверный минус 1 б., но не меньше 0 баллов за вопрос. Уравнения реакций [13] – [15] по 1 б., рациональные лабораторные способы получения по 2 б. (без условий 1,5 б., только идея 0,5 б., нерациональные 1 б.). За каждое верное простое вещество в своем списке 1 б., неверное минус 1 б., верное второе вещество из той же группы 0 б. Оцениваются первые 6 из любого количества предложенных веществ. Ставится не меньше 0 баллов за вопрос. | $1 \cdot 6 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 6 + 1 \cdot 6 = 31$ б. |
| <b>Всего:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>66 баллов</b>                                                    |

#### Задание 2. (авторы М.С. Панов, В.А. Емельянов).

1. Есть несколько выходов на металл в этой задаче, например, через ядерную реакцию:

${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} = {}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He}$ . Металл **X** – литий, числа – **3 и 6**. Судя по избытку негашеной извести, которая в итоге в воде дает гидроксид кальция, вещество **W** – гидроксид лития. Соотношение атомов элементов Li:Al:Si в основном компоненте сподумена 1:1:2. Минерал силикатный, значит, он содержит еще и кислород. Степени

окисления лития(+1), алюминия(+3) и кремния(+4) величины постоянные, при составе  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_x$  легко найдем  $x = (1+3+2*4)/2 = 6$ . Состав сподумена  **$\text{LiAlSi}_2\text{O}_6 = \text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$** .

2. Уравнения реакций: [1]  $6\text{Li} + \text{N}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Li}_3\text{N}$ ; [2]  $4\text{Li} + \text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Li}_2\text{O}$ ; [3]  $2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{LiOH} + \text{H}_2\uparrow$ ;

[4]  $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2 + \text{CaO} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{LiAlO}_2 + 2\text{CaSiO}_3$ ; [5]  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2\downarrow$ ;

[6]  $2\text{LiAlO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{AlO}_2)_2\downarrow + 2\text{LiOH}$ ; [7]  $\text{LiOH} + \text{HCl} = \text{LiCl} + \text{H}_2\text{O}$ ;

[8]  $2\text{LiCl}_{\text{расплав}} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}, \text{электролиз}} 2\text{Li} + \text{Cl}_2$ .

3. Элемент Y, находящийся в одной подгруппе в соседних клетках с литием – это натрий Na, элемент Z, обладающим диагональным сходством с литием, – это магний Mg. Уравнения реакций: [9]  $\text{Na} + \text{N}_2 \neq$ ;

[10]  $2\text{Na} + \text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Na}_2\text{O}_2$ ; [11]  $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2$ ; [12]  $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ ; [13]  $2\text{Mg} + \text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{MgO}$ ;

[14]  $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$ . Соли натрия окрашивают пламя в желтый цвет.

4. Рассчитаем молярную массу комплекса алюминия  $M = M(\text{Al})/\omega(\text{Al}) = 27/0,871 = 31$  г/моль.

Видим, что на 4 аниона A приходится всего 4 г на моль комплекса – это могут быть только гидрид-анионы, то есть  **$\text{V} - \text{Li}[\text{AlH}_4]$ , тетрагидридоалюминат лития, алюмогидрид лития**.

5. По условию, Li-органические соединения имеют состав  $\text{RLi}$ , т.е.  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Li}$ . Тогда  $12n/(14n+1+7) = 0,75$ , откуда  $12n = 0,75(14n+8)$ ,  $12n = 10,5n+6$  или  $n = 4$ . Таким образом,  **$\text{U} = \text{C}_4\text{H}_9\text{Li}$** .

Уравнение реакции: [15]  $\text{C}_4\text{H}_9\text{Br} + 2\text{Li} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{Li} + \text{LiBr}$ .

Через каждые 107 минут остается половина от того количества, которое было 107 минут назад. Значит, каждые  $n$  раз по 107 минут остается  $\frac{1}{2} * \frac{1}{2} * \frac{1}{2} \dots = (\frac{1}{2})^n$  от исходного количества. Тогда а) при  $n = 53,5/107 = 0,5$  останется  $(\frac{1}{2})^{0,5} = 0,71$  от исходного; б) при  $n = 214/107 = 2$  останется  $(\frac{1}{2})^2 = 0,25$  от исходного количества.

6. Малорастворимый карбонат лития  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  при пероральном введении поступает **в желудок, где растворяется** в соляной кислоте желудочного сока: [16]  $\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{LiCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ .

7. Необходимо сравнить содержание лития в одной бутылке напитка и в 1200 мг карбоната лития.

$n(\text{Li}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7) = V * C / M = 1,69 * 10^{-4}$  моль.  $n(\text{Li}^+)_{\text{цитрат}} = 3 * n(\text{Li}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7) = 5,07 * 10^{-4}$  моль.

$n(\text{Li}_2\text{CO}_3) = m / M = 1,62 * 10^{-2}$  моль.  $n(\text{Li}^+)_{\text{карбонат}} = 2 * n(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 3,24 * 10^{-2}$  моль.

$N(\text{бутылок}) = n(\text{Li}^+)_{\text{карбонат}} / n(\text{Li}^+)_{\text{цитрат}} = 63,96 \approx 64$  бутылки.

#### Система оценивания:

|                                                                                                                                              |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1. Элемент X, вещество W, состав сподумена по 2 б., числа в ядерной реакции по 1 б.                                                          | $2*3+1*2 = 8$ б.   |
| 2. Уравнения реакций [1] – [8] по 1 б..                                                                                                      | $1*8 = 8$ б.       |
| 3. Металлы Y и Z по 1 б., уравнения реакций [10] – [14] и указание на отсутствие реакции [9] по 1 б., окрашивание пламени в желтый цвет 1 б. | $1*2+1*6+1 = 9$ б. |
| 4. Состав соли V с расчетом 2 б., без расчета 1 б., название 1 б. (тетрагидроалюминат в 9 кл засчитывается).                                 | $2+1 = 3$ б.       |
| 5. Состав вещества U с расчетом 2 б., без расчета 1 б., уравнение реакций [15] 1 б., расчет доли в каждый момент по 2 б.                     | $2+1+2*2 = 7$ б.   |
| 6. Превращается в растворимое соединение 1 б., уравнение реакции [16] 1 б.                                                                   | $1+1 = 2$ б.       |
| 7. Расчет числа бутылок 2 б.                                                                                                                 | 2 б.               |
| <b>Всего:</b>                                                                                                                                | <b>39 баллов</b>   |

#### Задание 3. (авторы А.С. Романов, Н.В. Рубан, И.А. Трофимов).

1. Обозначим количество атомов кислорода в составе сахарозы за  $n$ , тогда количество атомов водорода составит  $2n$ , а количество атомов углерода –  $(n+1)$ .

Составим уравнение:  $n * M(\text{O}) + 2n * M(\text{H}) + (n+1) * M(\text{C}) = 342$  г моль, где  $M(\text{O})$ ,  $M(\text{H})$  и  $M(\text{C})$  – молярные массы кислорода, водорода и углерода соответственно. Подставим численные значения и получим, что  $16n + 2n + 12n = 330 \Rightarrow n = 11$ . Таким образом, молекулярная формула сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .

2. Вычислим количества атомов углерода, водорода и кислорода, вступающих в реакцию при взаимодействии 1 молекулы сахарозы и 1 молекулы воды:  $n(\text{C}) = 12$  ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ),  $n(\text{O}) = 11(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) + 1(\text{H}_2\text{O}) = 12$ ,  $n(\text{H}) = (\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) + 2(\text{H}_2\text{O}) = 24$ . Поскольку глюкоза и фруктоза являются единственными продуктами реакции, при этом их количества моль совпадают, то для установления молекулярной формулы следует разделить количества атомов каждого элемента необходимо разделить количество атомов, вступивших в реакцию на 2. Молекулярная формула глюкозы и фруктозы –  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Молярная масса  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  составит 180 г/моль.

[1]  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (глюкоза) +  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (фруктоза).

3. Химическая реакция взаимодействия вещества с водой с разрушением его структуры называется гидролиз.

Вещества, обладающие одинаковым химическим составом, но разным строением, называются изомерами.

$$4. C(C_{12}H_{22}O_{11}) = n/V = m/(M \cdot V) = 5 \cdot 2 / (342 \cdot 0,2) = 0,146 \text{ моль/л.}$$

5. Под скоростью химической реакции обычно понимают **изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени**. По-хорошему, это изменение должно быть нормировано на стехиометрический коэффициент, поэтому часто скорость химической реакции определяют так «**скорость (гомогенной) химической реакции – число моль химических превращений, протекающих в единице объема в единицу времени**».

$$6. C(C_{12}H_{22}O_{11}) = n/V = m/(M \cdot V) = 5 \cdot 3 / (342 \cdot 0,2) = 0,22 \text{ моль/л.}$$

$$C(C_6H_8O_7) = n/V = m(C_6H_8O_7) / (M(C_6H_8O_7) \cdot V) = m(\text{лимона}) \cdot w(C_6H_8O_7) / (M(C_6H_8O_7) \cdot V) = 5 \cdot 2 \cdot 0,056 / (192 \cdot 0,2) = 0,015 \text{ моль/л.}$$

$$\Delta t = 0,22 / (3 \cdot 8,3 \cdot 10^{-6}) = 8835,3 \text{ сек} = 147 \text{ минут.}$$

$$7. V_{\text{чая}} = 20 \text{ мл/мин} \cdot 147 \text{ минут} = 2945 \text{ мл.}$$

8. Вычислим количества моль С, О и Н, содержащиеся в 100 г этилового спирта:

$$n(C) = m(C) / M(C) = 26,1 / 12 = 4,35 \text{ моль}; n(H) = 13 / 1 = 13 \text{ моль}; n(O) = 34,8 / 16 = 2,175 \text{ моль} \Rightarrow C:H:O = 4,35: 13: 2,175 = 2: 6: 1 \Rightarrow \text{формула этилового спирта } C_2H_6O.$$

Вычислим количества моль этилового спирта и воды, которое содержится в топливном баке:

$$n(C_2H_5OH) = m(C_2H_5OH) / M(C_2H_5OH) = m(\text{топлива}) \cdot w(C_2H_5OH) / M(C_2H_5OH) = 0,75 \cdot 4 \cdot 10^6 / 46 = 6,5 \cdot 10^4 \text{ моль};$$

$$n(H_2O) = m(\text{топлива}) \cdot w(H_2O) / M(H_2O) = 5,5 \cdot 10^4 \text{ моль.}$$

Вычислим количества атомов углерода, кислорода и водорода:

$$\text{Углерод содержится только в этиловом спирте} \Rightarrow \text{общее количество моль углерода составит}$$

$$n(C) = 2 \cdot n(C_2H_5OH) = 1,3 \cdot 10^5 \text{ моль.}$$

$$\text{Кислород содержится в воде и этиловом спирте} \Rightarrow n(O) = n(C_2H_5OH) + n(H_2O) = (6,5 + 5,5) \cdot 10^4 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ моль.}$$

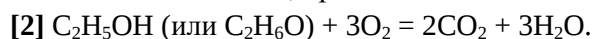
$$\text{Водород содержится в воде и этиловом спирте} \Rightarrow n(H) = 6 \cdot n(C_2H_5OH) + 2 \cdot n(H_2O) = 5 \cdot 10^5 \text{ моль.}$$

По закону Авогадро количество атомов элемента можно вычислить по формуле  $N = N_A \cdot n$ , где  $N_A$  – постоянная Авогадро,  $6,02 \cdot 10^{23}$ ,  $n$  – количество моль атомов  $\Rightarrow$

$$n(C) = 1,3 \cdot 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,8 \cdot 10^{28} \text{ атомов}; n(O) = 1,2 \cdot 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,2 \cdot 10^{28} \text{ атомов}; n(H) = 5 \cdot 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{29} \text{ атомов.}$$

Немецкая ракета, совершившая первый суборбитальный космический полет называлась «Фау-2» (от нем. V-2 — Vergeltungswaffe-2, оружие возмездия; другое название — нем. A-4 — Aggregat-4, агрегат).

9. Исходя из описания, простым веществом **X** является кислород. Уравнение реакции сгорания спирта:



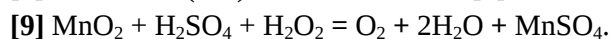
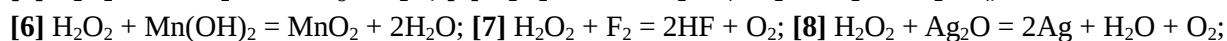
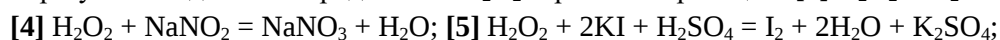
Вычислим объем жидкого кислорода, загружаемого в топливный бак ракеты:

$$m = \rho \cdot V \Rightarrow V = m / \rho = 5 \cdot 10^6 / 1,14 = 4,39 \cdot 10^6 \text{ см}^3 = 4,4 \text{ м}^3.$$

В газообразном состоянии такая же масса кислорода при н. у. будет занимать:

$$V = V_m \cdot n = V_m \cdot m / M = 22,4 \cdot 5 \cdot 10^6 / 32 = 3\,500\,000 \text{ литров} = 3\,500 \text{ м}^3.$$

10. Простое вещество **Y** состоит только из атомов водорода и кислорода, а в результате его разложения образуются вода и кислород  $\Rightarrow Y = H_2O_2$ . Уравнения реакций: [3]  $H_2O_2 = H_2O + O_2$ .



**Система оценивания:**

|                                                                                                                                                                  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. Формула сахарозы 2 б., без расчета 1 б.                                                                                                                       | 2 б.             |
| 2. Брутто-формула глюкозы и фруктозы 1 б., молекулярная масса 1 б. Уравнение реакции 1 б., при записи в формате $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$ 0 б. | 1+1+1 = 3 б.     |
| 3. Гидролиз 1 б., изомеры 1 б.                                                                                                                                   | 1+1 = 2 б.       |
| 4. Расчет молярной концентрации сахара 1 б.                                                                                                                      | 1 б.             |
| 5. Верное определение 2 б.                                                                                                                                       | 2 б.             |
| 6. Молярные концентрации сахарозы и лимонной кислоты по 1 б. за каждую, расчет времени превращения 2 б.                                                          | 1+1+2 = 4 б.     |
| 7. Расчет объема чая 1 б.                                                                                                                                        | 1 б.             |
| 8. Формула этилового спирта 2 б., расчет количества атомов углерода, водорода и кислорода по 2 б., название ракеты 1 б.                                          | 2+2*3+1 = 9 б.   |
| 9. Простое вещество X 1 б., уравнение реакции 1 б., объемы X по 2 б. за каждый                                                                                   | 1+1+2*2 = 6 б.   |
| 10. Вещество Y 1 б., уравнения реакций [3-9] по 1 б.                                                                                                             | 1+1*7 = 8 б.     |
| <b>Всего:</b>                                                                                                                                                    | <b>38 баллов</b> |