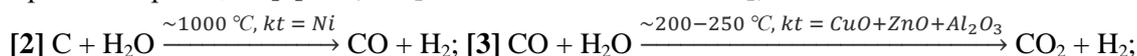
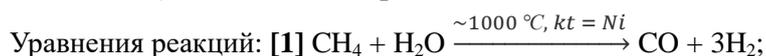
**Задание 1. (авторы А.С. Романов, В.А. Емельянов).**

1. Поскольку при водяной конверсии (взаимодействии с водой) природного газа (метана, CH_4), а также при паровой конверсии угля могут образовываться CO , CO_2 и H_2 , то выбирать кандидата на роль **X** следует из этих веществ. Оксиды углерода зашифрованы под другими буквами, да и электролизом раствора щелочи из этих веществ можно получить только H_2 , значит **X** = H_2 . Тогда **A** = H_2O .

Активная медь покрывается оксидом, значит, с её помощью водород избавляют от **кислорода**. Пентаоксид фосфора превращается в кислоту, следовательно, с его помощью водород избавляют от **воды**. Так как основной компонент воздуха – азот (78 %), то **B** = N_2 . При взаимодействии угля с водой могли бы образоваться CO и CO_2 , но только CO в следующей реакции может дать дополнительное количество водорода. Следовательно, **Y** = CO , **Z** = CO_2 .

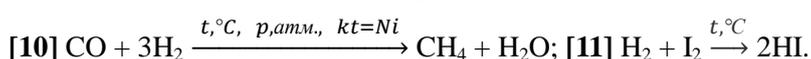


2. Рассчитаем количество вещества водорода, который получается из 13 г **D**: $n(\text{H}_2) = 4,48/22,4 = 0,2$ моль. Тогда молярная масса металла в зависимости от степени его окисления в продукте выражается так: $M(\mathbf{D}) = 13/(0,2 \cdot n/2) = 130/n$. Единственным разумным решением является $n = 2$ 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** = ZnSO_4 , **C** = H_2SO_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 %.

3. Молекулярный водород может взаимодействовать с CuO , I_2 , Fe_2O_3 , 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 CO всё не так очевидно. Ясно, что наиболее тяжелым газом является иодоводород, водный раствор которого является сильной кислотой, тогда молекулярная масса второго газа – $128/8 = 16$ г/моль и это метан CH_4 . Тогда **4** = **HI**, **3** = CH_4 . Fe_2O_3 и CuO теоретически могут восстанавливаться до Fe_3O_4 , Fe , Cu_2O , Cu . Поскольку металлическая медь не черная, а красноватая, то **2** = **Cu**, а **1** = Fe_3O_4 – оксид металла с переменной валентностью ($\omega(\text{O}) = 27,59\%$) – магнетит. Уравнения реакций: [8] $3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$; [9] $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$;



4. Выбранные участником олимпиады сложные вещества, реагирующие с водородом, могут быть любимы, подходящими под условие задачи, например: C_2H_4 (этилен), MoO_3 , FeBr_3 , SiCl_4 , IF_7 . По сути, можно выбирать почти все соединения, содержащие элементы с высокой степенью окисления, если степеней окисления у этих элементов несколько.

5. Свой список из шести простых веществ, реагирующих с водородом, может быть, например, таким: Cl_2 (нагревание или фотоиндукция), O_2 (нагревание или катализатор, напр. Pt), 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 VIIA. Перечень переходных металлов, по-настоящему реагирующих с водородом, очень невелик, обычно эти металлы растворяют водород без образования связи.

Система оценивания:

1. Формулы веществ X, Y, Z, A, B и уравнения реакций [1] – [6] по 1 б. Примеси по 1 б.

1*5+1*6+1*2 = 13 б.

2. Формулы веществ C, D, E и уравнение реакции [7] по 1 б., Кипп 1 б., верный расчет массовой доли 3 б. (без учета выделившегося водорода 2 б., несмотря на верный ответ).	1*5+3 = 8 б.
3. За каждый верный выбор по 1 б., неверный минус 1 б., но не меньше 0 баллов за вопрос. Уравнения реакций [8] – [11] и формулы веществ 1-4 по 1 б.	(1+1+1)*4 = 12 б.
4. За каждое правильное вещество в предложенном списке по 1 б., неверное минус 1 б. Оцениваются первые 5 из любого количества предложенных веществ. Ставится не меньше 0 баллов за вопрос.	1*5 = 5 б.
5. 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*6 = 6 б.
Всего:	44 балла

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 содержит еще и кислород. Вычислим его количество из массовой доли. Для состава $\text{LiAlSi}_2\text{O}_x$ $\omega(\text{O}) = x \cdot 16 / (x \cdot 16 + 7 + 27 + 2 \cdot 28) = 0,516$, откуда $x = 6$. Можно вычислить x и из баланса степеней окисления. Степени окисления лития(+1), алюминия(+3) и кремния(+4) величины постоянные, при составе $\text{LiAlSi}_2\text{O}_x$ легко найдем $x = (1+3+2 \cdot 4) / 2 = 6$. Состав сподумена **LiAlSi₂O₆** = $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$.

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

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] $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t,^\circ\text{C}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2$; [10] $\text{Mg} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t,^\circ\text{C}} \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\uparrow$ [11] $2\text{Mg} + \text{O}_2 \xrightarrow{t,^\circ\text{C}} 2\text{MgO}$;

[12] $2\text{Na} + \text{O}_2 \xrightarrow{t,^\circ\text{C}} \text{Na}_2\text{O}_2$ (NaO засчитывается); [13] $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{t,^\circ\text{C}} \text{Mg}_3\text{N}_2$.

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 лиганды приходится всего 4 г на моль комплекса – это могут быть только гидрид-анионы, то есть **V – Li[AlH₄]**.

5. По условию, Li-органические соединения имеют состав 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, **U = C₄H₉Li**.

Уравнение реакции: [14] $\text{C}_4\text{H}_9\text{Br} + 2\text{Li} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{Li} + \text{LiBr}$.

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 Li_2CO_3 при пероральном введении поступает в **желудок**, где **растворяется** в соляной кислоте желудочного сока: [15] $\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{LiCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$.

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

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

$n(\text{Li}_2\text{CO}_3) = m / M = 1,62 \cdot 10^{-2}$ моль. $n(\text{Li}^+)_{\text{карбонат}} = 2 \cdot n(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 3,24 \cdot 10^{-2}$ 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] – [3] и [5-8] по 1 б., уравнение реакции [4] 2 б. Если уравнение реакции [4] неверное, но указаны верно A и/или B , то по 0,5 б. за вещество	1*7+2 = 9 б.
3. Металлы Y и Z по 1 б., уравнения реакций [9] – [13] по 1 б., окрашивание пламени в	1*2+1*5+1 = 8 б.

желтый цвет 1 б.	
4. Состав соли V с расчетом 2 б., без расчета 1 б.	2 б.
5. Состав вещества U с расчетом 2 б., без расчета 1 б., уравнение реакций [14] 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 [15] 1 б.	$1+1 = 2$ б.
7. Расчет числа бутылок 2 б.	2 б.
Всего:	38 баллов

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: $n \cdot M(O) + 2n \cdot M(H) + (n+1) \cdot M(C) = 342$ г моль, где $M(O)$, $M(H)$ и $M(C)$ – 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 $C_{12}H_{22}O_{11}$.

2. Вычислим количества атомов углерода, водорода и кислорода, вступающих в реакцию при взаимодействии 1 молекулы сахарозы и 1 молекулы воды: $n(C) = 12$ ($C_{12}H_{22}O_{11}$), $n(O) = 11(C_{12}H_{22}O_{11}) + 1(H_2O) = 12$, $n(H) = 22(C_{12}H_{22}O_{11}) + 2(H_2O) = 24$. Поскольку только глюкоза и фруктоза являются продуктами реакции, причем их молекулы имеют одинаковый химический состав, а количества моль совпадают, то для установления молекулярной формулы необходимо разделить количество атомов, каждого элемента вступивших в реакцию, на 2. Молекулярные формулы глюкозы и фруктозы – $C_6H_{12}O_6$. Молярная масса $C_6H_{12}O_6$ **180 г/моль**.

Уравнение реакции [1] $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6$ (глюкоза) + $C_6H_{12}O_6$ (фруктоза).

3. Вещества, обладающие одинаковым химическим составом, но разным строением называются **изомеры**.

4. $C(C_{12}H_{22}O_{11}) = n/V = m/(M \cdot V) = 5 \cdot 2 / (342 \cdot 0,2) = 0,146$ 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. $v_{\text{средняя}} = 0,0005 = \Delta C / \Delta t = (0,146 - (0,146/2)) / \Delta t \Rightarrow \Delta t = 0,146 / (2 \cdot 0,0005) = 146$ минут.

7. $V_{\text{чая}} = 20 \text{ мл/мин} \cdot 146 \text{ минут} = 2920 \text{ мл}$.

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

Вычислим количества моль этилового спирта и воды, которые содержатся в топливном баке:

$n(C_2H_5OH) = m(C_2H_5OH) / M(C_2H_5OH) = m(\text{топлива}) \cdot w(C_2H_5OH) / M(C_2H_5OH) = 0,75 \cdot 4 \cdot 10^6 / 46 = 6,5 \cdot 10^4$ моль;
 $n(H_2O) = m(\text{топлива}) \cdot w(H_2O) / M(H_2O) = 5,5 \cdot 10^4$ моль.

Вычислим количества атомов углерода, кислорода и водорода:

Углерод содержится только в этиловом спирте \Rightarrow общее количество моль углерода составит $n(C) = 2 \cdot n(C_2H_5OH) = 1,3 \cdot 10^5$ моль.

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

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

$n(C) = 1,3 \cdot 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,8 \cdot 10^{28}$ атомов; $n(O) = 1,2 \cdot 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,2 \cdot 10^{28}$ атомов; $n(H) = 5 \cdot 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{29}$ атомов. Баллистическая ракета, первой в мире совершившая суборбитальный космический полет, называлась ФАУ-2 (от нем. V-2 — *Vergeltungswaffe-2*, оружие возмездия; другое название – А-4 – от нем. *Aggregat-4*, агрегат).

9. Из условия задачи следует, что простым веществом X является кислород.

Уравнение реакции сгорания спирта: [2] C_2H_5OH (или C_2H_6O) + $3O_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} 2CO_2 + 3H_2O$.

Объем, занимаемый веществом X в жидком состоянии, составлял $V = m/\rho = 5 \cdot 10^6 / 1,14 = 4,39 \cdot 10^6 \text{ см}^3 = 4,4 \text{ м}^3$.
 Объем, занимаемый такой же массой X при н.у., составит $V = (5 \cdot 10^6 / 32) \cdot 22,4 \approx 3500000$ л или 3500 м^3 .

10. Уравнения реакций: [3] $S + O_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} SO_2$; [4] $Si + O_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} SiO_2$; [5] $2C + O_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} 2CO$.

Система оценивания:

1. Формула сахарозы 3 б., без расчета 1 б.	3 б.
2. Брутто-формула глюкозы и фруктозы 1 б., молекулярная масса 1 б., Уравнение реакции 2 б., при записи в формате $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$ 0 б.	1+1+2 = 4 б.
3. Изомеры 1 б.	1 б.
4. Расчет молярной концентрации сахара 2 б.	2 б.
5. Верное определение 2 б.	2 б.
6. Расчет времени превращения 3 б.	3 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 [2] – 2 б., расчет объемов в жидком и газообразном состоянии по 2 б.	1+2+2*2 = 7 б.
10. Уравнения реакций [3-5] по 1 б.	1*3 = 3 б.
Всего:	35 баллов