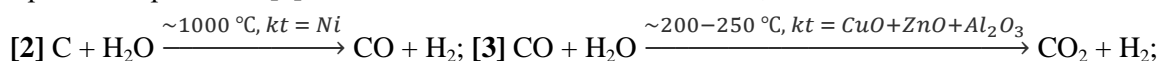
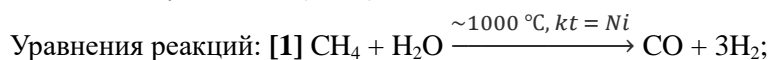
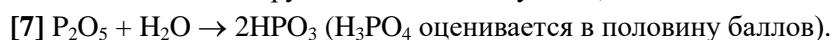
**Задание 1. (автор А.С. Романов).**

1. Поскольку при водяной конверсии природного газа (метана) могут образовываться CO , CO_2 и H_2 , то выбирать кандидата на роль **X** следует из этих веществ. Электролизом из этих веществ получают только H_2 , значит **X** = H_2 . Тогда **A** = H_2O .

Активная медь представляет собой свежеполученную медь (например, восстановлением CuO), которая ещё не покрылась слоем окислов и основных карбонатов. С её помощью водород избавляют от кислорода, а с помощью хлорида кальция или пентаоксида фосфора водород избавляют от воды. Так как основной компонент воздуха – азот (78 %), то **B** = N_2 .



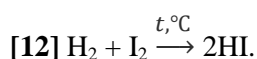
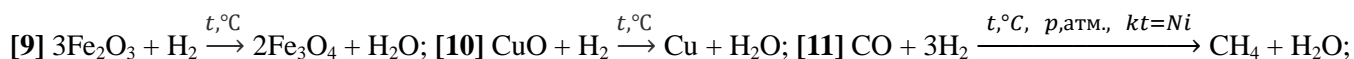
[4] $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{p-p NaOH, электролиз}} 2\text{H}_2 + \text{O}_2$; [5] $2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{CuO}$; [6] $\text{CaCl}_2 + x\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (если $x=1$, то полный балл, если x – другое число или не указан, то ответ оценивается в половину баллов);



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: $M(\mathbf{D}) = 13 / (0,1997 \cdot n/2) = 130,2/n$. 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** = ZnSO_4 , **C** = H_2SO_4 .

Уравнение реакции: [8] $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$. Выпуск аппарата налажен в середине 19 века голландской фирмой, основанной аптекарем Петером-Якобом **Киппом**. Так он и называется – аппарат Киппа. Удобство использования аппарата заключается в том, что, реакцию можно прекратить в любой момент. Для этого перекрывается кран, и подача водорода через трубку прекращается, давление водорода в аппарате возрастает и выделяющийся водород выталкивает раствор кислоты в верхний сосуд, в результате чего цинк перестаёт соприкасаться с раствором кислоты и реакция прекращается. При необходимости кран можно снова открыть и продолжить получение газа.

3. Молекулярный водород может взаимодействовать с CuO , I_2 , Fe_2O_3 , CO при нагревании. Оксид алюминия водородом не восстанавливается, а перманганат калия не окисляет водород в водном растворе. 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, тогда молярная 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 ($\omega(\text{O}) = 27,59\%$). Уравнения реакций:



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.

4. При взаимодействии песка (осн. компонент - 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** = SiH_4 . Поскольку металлы крайне редко образуют газообразные гидриды, то скорее всего остальные два газа представляют собой H_2S и PH_3 . Так как сероводород имеет запах тухлых яиц, а запах тухлой рыбы имеет

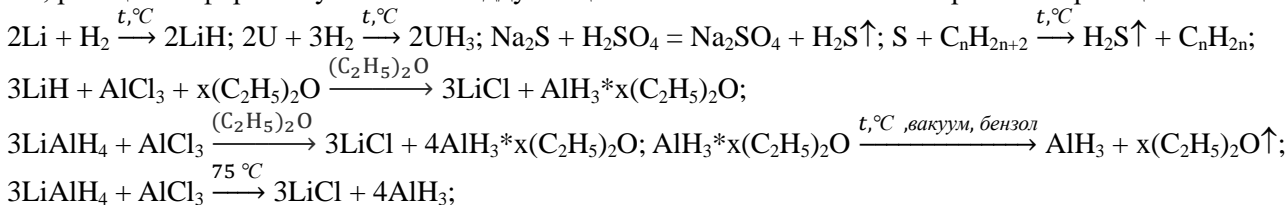
фосфин, то **7** = **PH₃**, а **6** = **H₂S**. Почернение серебра связано с присутствием в воздухе следовых количеств сероводорода, который взаимодействует с серебром на воздухе с образованием черного сульфида серебра:

[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 – **Li[AlH₄]**.

Ясно, что под соединение **8** подходит либо **LiH**, либо **AlH₃** ((AlH₃)_n), однако принимая во внимание ряд убывания мольной доли водорода, ответ становится однозначным **8 = LiH**. Остались гидриды алюминия и урана. Вещество **9** находится в вышеуказанном ряду между **SiH₄** и **H₂S**, откуда следует, что его наиболее вероятный состав ЭН₃. Рассчитаем его молярную массу: $M(9) = 1,000/(2 \cdot 0,1394/22,4 \cdot 3) = 241$ г/моль что соответствует формуле **9 = UH₃**. В лаборатории гидрид урана синтезируют взаимодействием простых веществ. **10** представляет собой гидрид алюминия **10 = AlH₃** или (AlH₃)_n.

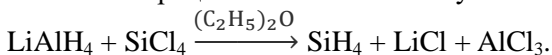
При взаимодействии простых веществ можно получить **LiH**, **H₂S**, **UH₃**, **AlH₃**.

Два 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. Для получения гидрида алюминия из простых веществ требуется очень высокое давление (выше 2 ГПа). Вследствие очень жестких условий протекания реакции, в настоящий момент этот метод имеет лишь теоретическое значение. Гидрид алюминия получают взаимодействием хлорида алюминия с гидридом лития или алюмогидридами лития либо натрия в среде диэтилового эфира. Отметим, что в присутствии эфира образуется аддукт **AlH₃·x(C₂H₅)₂O** и полностью удалить эфир из этого аддукта простым нагреванием невозможно. Свободный от растворителя **AlH₃** получают, нагревая аддукт в вакууме с добавлением бензола или при проведении реакции без растворителя. Тем не менее, реакция в эфире без указания на аддукт оценивается полным баллом. Уравнения реакций:

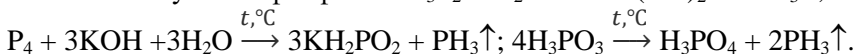


Моносилан можно получить по реакции [13], однако данный способ плох тем, что в этой реакции выделяются и другие силаны (дисилан, трисилан и т.д.), а общий выход силанов достигает всего 20-30 %.

Моносилан рациональнее всего получать аналогично гидриду алюминия:



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



Система оценивания:

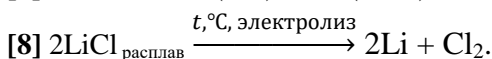
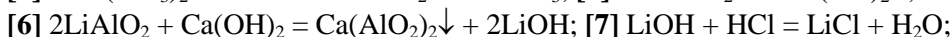
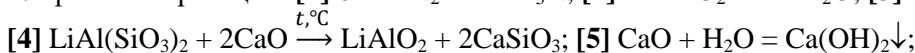
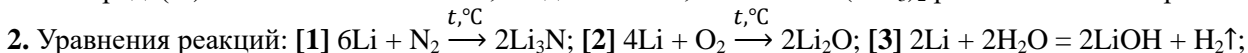
1. Формулы веществ X , A , B и уравнения реакций [1] – [7] по 1 б. Медь 1 б.	$1 \cdot 3 + 1 \cdot 7 + 1 = 11$ б.
2. Формулы веществ C , D , E и уравнение реакции [8] по 1 б., Кипп 1 б., удобство 1 б.	$1 \cdot 6 = 6$ б.
3. За каждый верный выбор по 1 б., неверный минус 1 б., но не меньше 0 баллов за вопрос. Уравнения реакций [9] – [12] и формулы веществ 1-4 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 5-10 по 1 б., за каждый верный выбор 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.).	$1 \cdot 6 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 6 = 25$ б.
Всего:	59 баллов

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

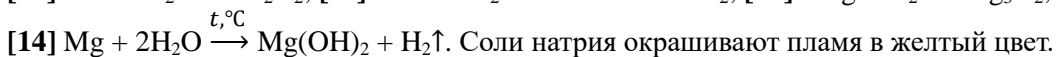
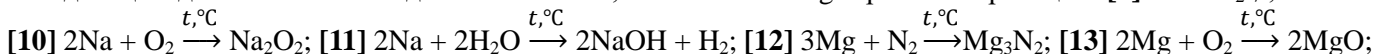
1. Есть несколько выходов на металл в этой задаче, например, через ядерную реакцию:

${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} = {}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He}$. 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 в основном компоненте сподумена найдем из массовых долей. Минерал силикатный, значит, он содержит еще и кислород. $\omega(\text{O}) = 100 - 3,8 - 14,5 - 30,1 = 51,6\%$. $\text{Li}:\text{Al}:\text{Si}:\text{O} = 3,8/7 : 14,5/27 : 30,1/28 : 51,6/16 = 0,54 : 0,54 : 1,08 : 3,23 = 1:1:2:6$. Степени окисления лития(+1), алюминия(+3), кремния(+4) и кислорода(-2) величины постоянные, следовательно, состав $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ рассчитан нами верно.



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] $\text{Na} + \text{N}_2 \neq$;



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 – $\text{Li}[\text{AlH}_4]$, тетрагидridoалюминат лития, алюмогидрид лития.**

5. По условию, Li-органические соединения имеют состава 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 = $\text{C}_4\text{H}_9\text{Li}$, н-бутиллитий, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Li}$.** Уравнение реакции; [15] $\text{C}_4\text{H}_9\text{Br} + 2\text{Li} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{Li} + \text{LiBr}$.

По Вант-Гоффу, при повышении температуры на каждые 10 градусов, скорость реакции возрастает в постоянное для этой реакции число раз (коэффициент γ). При повышении температуры от 0 до 20 °C период полураспада вещества U сократился в $17*60/107 = 9,53$ раза $= \gamma^2$. Следовательно, при повышении температуры еще на 20 градусов он сократится еще в $\gamma^2 = 9,53$ раза и составит $107/9,53 = 11,23$ мин.

6. Малорастворимый карбонат лития Li_2CO_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 по 1 б., числа в ядерной реакции по 1 б.	$1*2 + 1*2 = 4$ б.
2. Уравнения реакций [1] – [7] по 1 б., уравнение реакции [8] с условиями 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 0,5 б.).	$2 + 1 = 3$ б.
5. Состав вещества U с расчетом 2 б., без расчета 1 б., название 1 б., структурная формула 1 б., уравнение реакций [15] 1 б., расчет времени 2 б.	$2 + 1 + 1 + 1 + 2 = 7$ б.
6. Растворяется в кислой среде 1 б., уравнение реакций [16] 1 б.	$1 + 1 = 2$ б.
7. Расчет числа бутылок 2 б.	2 б.
Всего:	35 баллов

Задание 3. (авторы А.С. Романов, И.А. Трофимов).

1. Исходя из состава продуктов реакции сгорания, в состав сахарозы входит только углерод, водород и, возможно, кислород. Вычислим количества моль образующихся CO_2 и H_2O :

$n(\text{CO}_2) = 0,351$ моль; $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,32$ моль $\Rightarrow m(\text{C}) + m(\text{H}) = n(\text{C}) * M(\text{C}) + n(\text{H}) * M(\text{H}) = 4,21 + 0,64 = 4,85$ г. \Rightarrow сахароза содержит кислород и его масса составляет $10 - 4,85 = 5,15$ г $\Rightarrow n(\text{O}) = 5,15/16 = 0,322$.

Тогда соотношение C:H:O в сахарозе составит $0,351 : 0,640 : 0,322 = 1,09 : 2 : 1 = 11 : 22 : 12 = >$ формула сахарозы - $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Уравнение реакции гидролиза: [1] $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

В ходе гидролиза сахарозы образуются два изомера – α -глюкоза и β -фруктоза (в 10 кл полный балл выставляется без указания α - и β -).

Для мгновенной скорости используют уравнение **закона действующих масс.**

Средняя скорость показывает число моль превращений, отнесенных к интервалу (конечному промежутку)

времени. Мгновенная скорость является число моль превращений в единицу времени, происходящих в данный момент времени или за бесконечно малый промежуток времени.

2. Запишем уравнение для массовой доли сахарозы:

$$0,2 = m(\text{сахароза})/m(\text{раствора}) = m(\text{сахароза})/(m(\text{сахароза}) + m(\text{вода})).$$
$$0,2m(\text{сахароза}) + 0,2m(\text{вода}) = m(\text{сахароза})$$
$$m(\text{сахароза})/m(\text{вода}) = 1/4.$$

Можно было решить иначе – 100 г такого раствора содержит 80 г воды и 20 г сахарозы и отсюда легко получается нужное соотношение. Теперь найдем соотношение для приготовления 4 М раствора соляной кислоты:

$$n(\text{HCl})/V(\text{р-ра}) = 4 = n(\text{HCl}) \cdot \rho / m(\text{р-ра}) = n(\text{HCl}) \cdot \rho / (m(\text{вода}) + m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}})) =$$
$$= m(\text{HCl}) \cdot \rho / [M(\text{HCl}) \cdot (m(\text{вода}) + m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}}))] =$$
$$= m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}}) \cdot \omega(\text{HCl}_{\text{конц р-р}}) \cdot \rho / [M(\text{HCl}) \cdot (m(\text{вода}) + m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}}))].$$

Осталось выразить массовое отношение, а затем перейти к объемному:

$$m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}}) \cdot \omega(\text{HCl}_{\text{конц р-р}}) \cdot \rho / [M(\text{HCl}) \cdot (m(\text{вода}) + m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}}))] = 4;$$
$$4 \cdot 36,5(m(\text{вода}) + m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}})) = m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}}) \cdot 0,365 \cdot 1070;$$
$$m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}})/m(\text{вода}) = 4 \cdot 36,5 / (0,365 \cdot 1070 - 4 \cdot 36,5) = 0,597.$$

Так как $\rho = m(\text{HCl}_{\text{конц р-р}})/V(\text{HCl}_{\text{конц р-р}})$, то $V(\text{HCl}_{\text{конц р-р}})/V(\text{вода}) = 0,597/1,18 = 0,506 \approx 0,51 \approx 1/2$. Заметим, что плотность конечного раствора необходимо подставлять в г/л, так как $V(\text{р-ра})$ измеряется в литрах. Можно было решить иначе – 100 мл такого раствора содержит $4 \cdot 0,1 = 0,4$ моль $\text{HCl} = 14,6$ г HCl , такую массу HCl содержит **40 г концентрированного раствора HCl** . При этом 100 мл раствора имеет массу $100 \cdot 1,07 = 107$ г, из которых $107 - 40 = 67$ г – **масса добавленной воды**. Остальные действия аналогичны предыдущим.

3. Оценим температурный коэффициент γ , который вычисляется, как $\gamma^{\Delta T/10} = k_{(T+\Delta T)}/k_{(T)}$. Для реакции первого порядка отношение времен, потребовавшихся для достижения одинаковой доли превращения при разных температурах, будет обратно отношению констант скоростей $k_{(T+\Delta T)}/k_{(T)} = t_T/t_{T+\Delta T} = 19 \cdot 60 / (8 \cdot 60 + 3) = 2,36 = \gamma^{(38-27)/10} = \gamma^{11/10}$. $\Rightarrow \gamma = 2,36^{10/11}$ или $e^{(10/11) \ln 2,36} = 2,18$.

Функция $k(T)$ не линейная, она является экспоненциальной (показательной), чтобы заметить это достаточно посмотреть на формулу, описывающую правило Вант-Гоффа. Более точным уравнением зависимости константы скорости от температуры является уравнение Аррениуса: $k = A \cdot e^{(-E_a/RT)}$, где A – предэкспоненциальный множитель, а E_a – энергия активации.

Помимо температуры константа скорости реакции гидролиза сахарозы сильно зависит от концентрации катализатора – кислоты. Чем больше концентрация кислоты, тем легче и быстрее протекает гидролиз, поэтому с увеличением концентрации кислоты константа скорости заметно увеличивается. С увеличением концентрации кислоты уменьшается энергия активации реакции гидролиза.

4. Из приближения $v_{\text{мгновенная}} \approx v_{\text{средняя}}$ следует: $kC \approx -\Delta C/\Delta t \Rightarrow k = -\Delta C/\Delta t \cdot C$. Выход реакции определяется как $\eta = (C_0 - C)/C_0$, тогда $1 - C/C_0 \Rightarrow -C/C_0 = \eta - 1 \Rightarrow C_0/C = -1/(\eta - 1)$. Осталось выразить k : $k = -\Delta C/\Delta t \cdot C = (C_0 - C)/\Delta t \cdot C = (1/\Delta t) \cdot (C_0/C - 1) = (1/\Delta t) \cdot (-1/((\eta - 1) - 1)) = \eta/(1 - \eta) \Delta t = k$. Рассчитаем значения констант скоростей: $k(27^\circ\text{C}) = 0,21/(1 - 0,21)19 = 0,014 \text{ мин}^{-1}$, $k(38^\circ\text{C}) = 0,014 \cdot 2,36 = 0,21/(1 - 0,21)8,05 = 0,033 \text{ мин}^{-1}$.

5. Масса 100 г 20 % раствора сахарозы имеет объем $v = m/\rho = 100/1,08 = 92,59$ мл. Тогда $C_0(\text{сахароза}) = 20/342 \cdot 0/09259 = 0,6316$ М. Не забудем учесть разбавление в ходе перемешивания растворов реагентов: $C_0(\text{сахароза}) = 0,6316/2 = 0,3158$ М. Так как приближенно можно считать, что в ходе реакции объем раствора не изменяется, то можно записать $C = C_0 \cdot (1 - \eta)$.

Тогда в первом опыте $C_1(\text{сахароза}) = 0,3158 \cdot (1 - 0,21) = 0,2494 \approx 0,250$ М, а во втором опыте $C_2(\text{сахароза}) = 0,3158 \cdot (1 - 0,165) = 0,2637 \approx 0,264$ М. Поскольку HCl является катализатором, а не реагентом, то он не затрачивается в ходе реакции, поэтому $C_1(\text{HCl}) = C_2(\text{HCl}) = 4/2 = 2$ М.

Помимо своего правила, Вант-Гофф предложил классификацию *простых реакций* на моно-, би- и тримолекулярные, в зависимости от числа молекул, при взаимодействии которых происходит превращение.

6. Если простая реакция является одностадийным превращением, то **сложная реакция протекает в несколько стадий (несколько простых реакций)**. Примеры реакций:

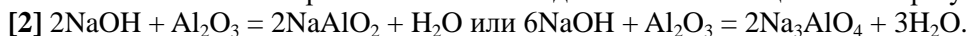
- 1) мономолекулярная реакция распада молекулы хлора при освещении ультрафиолетом $\text{Cl}_2 = 2\text{Cl}\cdot$;
- 2) бимолекулярная реакция взаимодействия двух частиц, например $\text{CH}_4 + \text{Cl}\cdot = \text{CH}_3\cdot + \text{HCl}$;
- 3) тримолекулярная реакция гибели радикалов $2\text{Cl}\cdot + \text{M} = \text{Cl}_2 + \text{M}$, где M – частица газа или стенка сосуда.

Четырех- и более молекулярных реакций не найдено, так как вероятность одновременного столкновения четырех частиц в одной малой области пространства крайне мала (на самом деле даже тримолекулярные реакции можно пересчитать по пальцам одной руки). Реакция гидролиза сахарозы является сложной, это можно понять по тому, что реакция является каталитической, а, значит, содержит более одной стадии.

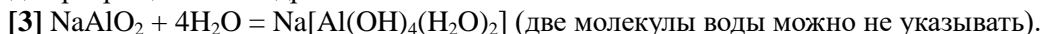
7. Попробуем получить формулу **A** исходя из массовой доли кислорода, представив его формулу в виде оксида

$$\text{Э}_2\text{O}_n: 0,4706 = 16n/(2M(\text{Э}) + 16n) \rightarrow M(\text{Э}) = 9n.$$

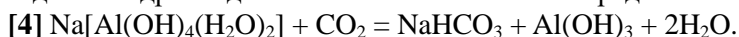
При $n = 1$ получаем $\text{А} = \text{Ве}_2\text{О}$, однако степень окисления +1 для бериллия не характерна. При $n = 2$ вариантов нет, а при $n = 3$ получаем $\text{А} - \text{Al}_2\text{O}_3$; оксид алюминия действительно является основным компонентом глинозема. При сплавлении оксида алюминия со щелочью образуется средняя соль:



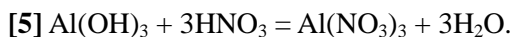
В водной среде алюминат натрия полностью гидролизуеться с образованием $\text{Al}(\text{OH})_3$ который в щелочной среде превращается в гидроксокомплекс:



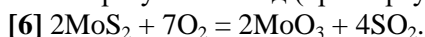
При пропускании углекислого газа через раствор этого комплекса среда подкисляется, что вызывает осаждение гидроксида алюминия в слабокислой среде:



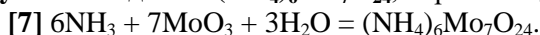
Далее, гидроксид алюминия вступает в реакцию с азотной кислотой с образованием раствора нитрата алюминия:



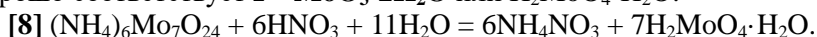
Теперь расшифруем соединение **F**. Поскольку при его обжиге получается сернистый газ, то бинарное вещество **F**, скорее всего, представляет собой сульфид. Если **F** содержит x атомов серы, то $M(\text{F}) = 10/(2,8/22,4x) = 80x$. Если $x = 1$, то **F** – Mg_2S или TiS ; ни одно из этих соединений не может присутствовать в природе в виде минерала. Если $x = 2$, то **F** – MoS_2 . Сульфид молибдена(IV) является основным компонентом молибденита, к тому же название минерала намекает на содержание молибдена в **F**. При сжигании сульфидов обычно образуется оксид (кроме ртути и серебра) и SO_2 :



Судя по условию задачи при взаимодействии MoO_3 с аммиаком образуется соль состава $(\text{NH}_4)_x\text{Mo}_y\text{O}_{4x}$. Запишем уравнение электронейтральности: $x + 6y = 8x \rightarrow 6y = 7x$. Наименьшим из решений является пара $x = 6$, $y = 7$ и тогда **H** – $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$, парамолибдат аммония. Тогда:

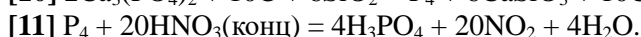


При реакции соли слабой кислоты с сильной кислотой должна образовываться слабая кислота, значит **I** – $\text{MoO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Если при стоянии над H_2SO_4 соединение **I** теряет 1 моль воды, то $M(\text{I}) = 18/0,1 = 180$ г/моль, что хорошо соответствует **I** – $\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ или $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$:

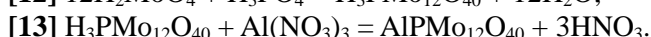
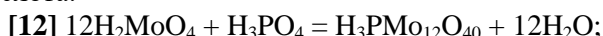


Ясно, что если **X** содержит фосфор, то минерал **J** является его источником. Прокаливание фосфата кальция с коксом и диоксидом кремния является основным способом получения белого фосфора **L** – P_4 , а реакция между $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и серной кислотой является основным промышленным способом получения фосфорной кислоты **K** – H_3PO_4 :

[9] $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_3\text{PO}_4$ (кристаллизационную воду в составе сульфата кальция можно не указывать);



В расчете на 1 атом фосфора $M(\text{X}) = 31/0,01676 = 1850$ г/моль. Скорее всего столь большая молярная масса **X** обусловлена наличием большого количества атомов молибдена и кислорода по аналогии с соединением **H**. Попробуем оценить число групп MoO_3 в **X**: $1850/144 = 12,85$, следовательно, в состав **X** входит не более 12 групп MoO_3 . Если **X** содержит ровно 12 групп MoO_3 , тогда $M(\text{остаток}) = 1850 - 144 \cdot 12 = 122$ г/моль, что соответствует 1 атому фосфора, 1 атому алюминия и четырем атомам кислорода, тогда **X** – $\text{AlPMo}_{12}\text{O}_{40}$, фосфомолибдат алюминия. Поскольку **M** и **E** реагируют 1 к 1, то **M** – $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$, фосфомолибденовая кислота:



Система оценивания:

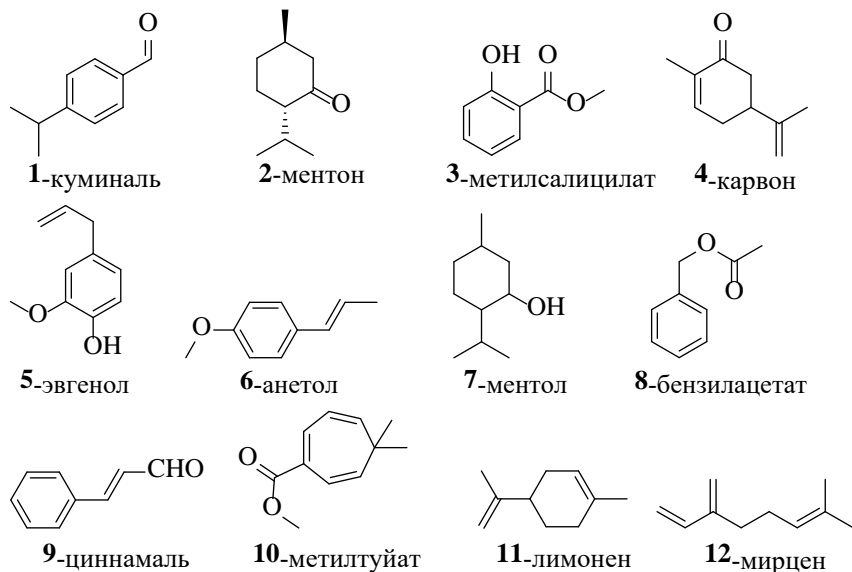
1. Формула сахарозы, уравнение реакции [1] по 1 б., тривиальные названия продуктов гидролиза по 1 б., словесное определение скорости реакции – 1 б., название закона действующих масс 1 б. Различие между понятиями «средняя» и «мгновенная» скорость – 1 балл.	$1+1+1*2+1+1+1 = 7 \text{ б.}$
2. Соотношение для воды и сахарозы – 1 балл, соотношение для воды и соляной кислоты – 2 балла	$1+2 = 3 \text{ б.}$
3. Температурный коэффициент – 2 б., нелинейность функции $k(T)$ – 1 балл, зависимость константы скорости от концентрации кислоты – 1 балл.	$2+1+1 = 4 \text{ б.}$
4. Значения констант скоростей по 2 б.	$2*2 = 4 \text{ б.}$
5. Концентрации соляной кислоты и сахарозы по 1 б. в каждый момент	$(1+1)*2 = 4 \text{ б.}$
6. Определение сложной реакции 1 б., примеры простых реакций по 1 б.	$1+1*3 = 4 \text{ б.}$

8. Формула вещества X 1 б., веществ А-М по 0,5 б., уравнения реакций [2]-[13] по 1 б.	1+0,5*12+12 = 19 б.
Всего:	45 баллов

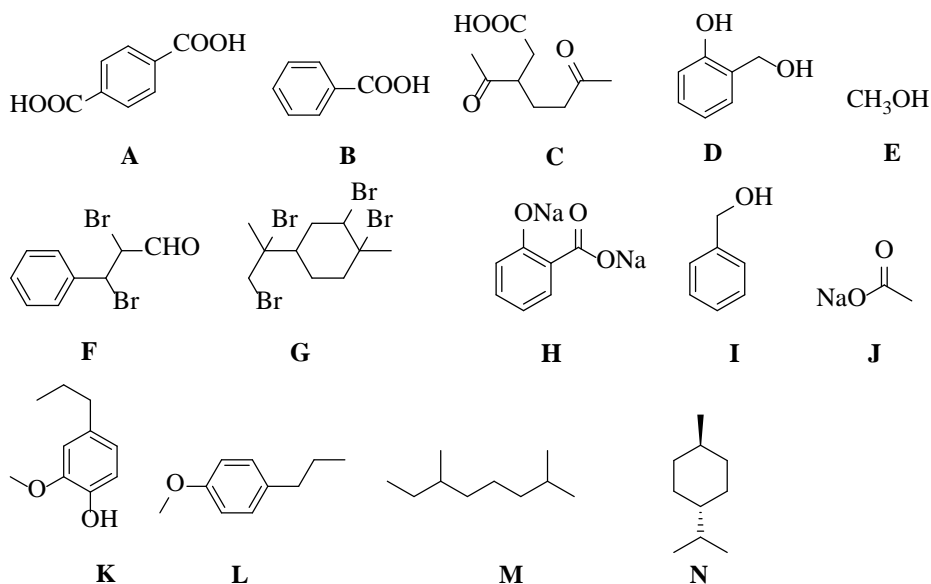
Задание 4. (автор В.Н. Конев).

1. 1 - куминаль, 2 - ментон, 3 - метилсалицилат, 4 - карвон, 5 - эвгенол, 6 - анетол, 7 - ментол, 8 - бензилацетат, 9 - циннамаль, 10 - метилтуйат, 11 - лимонен, 12 - мирцен.

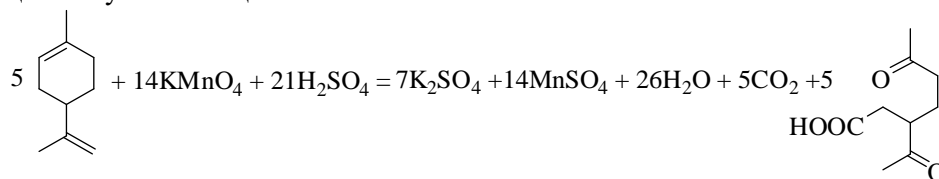
2.



3.



4. Уравнение реакции получения вещества С.



Система оценивания:

1. Верное соответствие № соединения – тривиальное название, по 1 б.	1*12 = 12 б.
2. Структурные формулы веществ 1-12, по 1 б.	1*12 = 12 б.
3. Структурные формулы соединений А-Н по 1 б.	1*14 = 14 б.
4. Уравнение реакции	2 б.
Всего:	40 баллов.