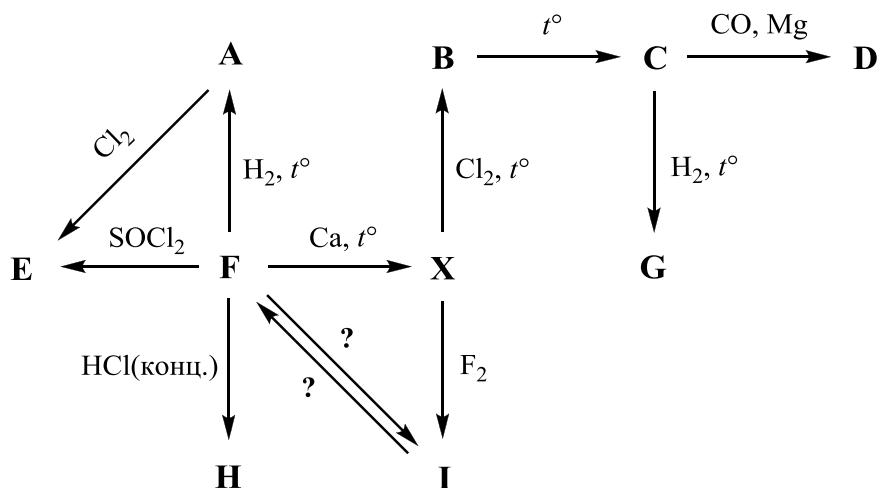


**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия» Очный тур
2018-2019 учебный год**

11 класс

I. Превращения «красивого» элемента (20 баллов)

Ниже приведена схема превращений:



Дополнительно известно, что в состав веществ **A–I** и **X** входит один и тот же элемент, причем он имеет одинаковые степени окисления в группах веществ: 1) **A** и **C**; 2) **B** и **H**; 3) **E**, **F** и **I**. Кроме того, **D** является октаэдрическим комплексом, в котором степень окисления комплексообразователя совпадает с его степенью окисления в веществе **X**.

Вещества **B**, **C** и **G** имеют одинаковый качественный состав, а их массы, полученные по такой схеме, соотносятся как 1,58 : 1,29 : 1,00.

- ?1. Расшифруйте схему превращений – приведите формулы веществ **A–I** и **X**, а также уравнения соответствующих реакций (10 шт.).
- ?2. Два превращения на схеме отмечены знаком вопроса. Предложите по одному простому (одностадийному) способу осуществления этих превращений, подтвердив их уравнениями реакций.
- ?3. Правило Сиджвика гласит, что для 3d-металлов наиболее устойчивы комплексы, в которых вокруг центрального атома расположено 18 электронов. Подчиняется ли комплекс **D** этому правилу? Используя правило Сиджвика, приведите формулу продукта реакции **D** с натрием, а также уравнение процесса.

II. Непростая АБВГДЕйка (20 баллов)

При взаимодействии металла **A** с газом **B** в зависимости от температуры и давления **B** получается либо вещество **B**, либо вещество **Г**. И **B**, и **Г** при растворении в серной кислоте образуют белый осадок **D**, нерастворимый в щелочах, но растворимый в концентрированной серной кислоте без выделения газа.

Для определения состава **B** и **Г** взяли их навески массой 1,310 г и поместили в избыток разбавленного раствора серной кислоты. Масса полученных осадков **D** после отделения и просушки составила 1,994 г (в случае **B**) и 1,806 г (в случае **Г**).

Дополнительно известно, что **B** – один из компонентов воздуха.

- ?1. Определите формулы металла **А**, газа **Б**, веществ **В**, **Г**, **Д**. Состав соединений подтвердите расчетом.
- ?2. Напишите уравнения реакций взаимодействия **В** и **Г** с серной кислотой и растворения **Д** в концентрированной серной кислоте.
- ?3. Какое вещество – **В** или **Г**, – образуется при большем давлении **Б**? Ответ кратко объясните в одном-двух предложениях.

Наночастицы вещества **Г** используют в качестве сильного твердофазного окислителя. Их получают из эмульсии, содержащей гидроксид натрия и хлорид металла **А**, а также бинарное соединение, массовая доля одного из элементов в котором равна 94,12 %. Удельная поверхность (отношение площади поверхности к массе) образца **Г**, полученного по одной из методик, равна $15,5 \text{ м}^2/\text{г}$.

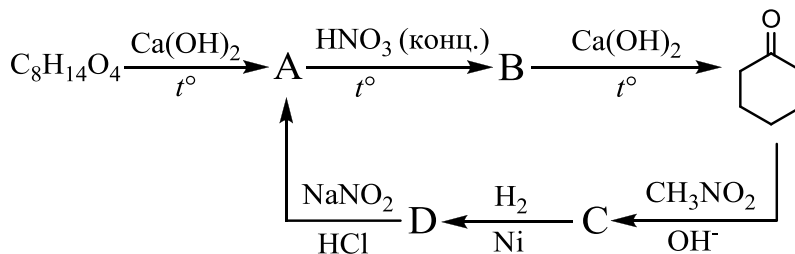
- ?4. Напишите уравнение реакции получения **Г** описанным способом.
- ?5. Определите средний радиус наночастиц в этом образце, если плотность вещества **Г** равна $4,96 \text{ г/см}^3$. Считайте, что удельная поверхность характеризует также и отдельно взятую наночастицу. Для справки: площадь поверхности сферы радиусом r равна $4\pi r^2$, объем – $(4/3) \cdot \pi r^3$.

Вещество **Г** используют для твердофазного синтеза некоторых веществ, содержащих металл **А**. Например, для синтеза вещества **Е**, применяющегося в постоянных магнитах, смесь тонких порошков красно-коричневого оксида **Ж** и вещества **Г** нагревают почти до 1000°C в мольном соотношении 6:1 (в массовом – 5,66 : 1). При этом получается вещество **Е** и газ **Б**, причем степени окисления металла, образующего оксид **Ж**, и металла **А** в ходе этой реакции не изменяются.

- ?6. Определите формулы оксида **Ж**, вещества **Е**. Напишите реакцию получения **Е** из **Ж** и **Г**. Состав соединений **Ж** и **Е** обоснуйте расчетом.

III. Циклические кетоны (20 баллов)

В 1889 г. впервые российским химиком В.В. Марковниковым был получен циклический кетон суберон (вещество **А**). Для получения суберона Марковников нагревал дикарбоновую кислоту с брутто-формулой $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_4$ с гидроксидом кальция (это превращение называется реакцией Ружички). Суберон можно получить в несколько стадий из циклогексанона, а циклогексанон – из дикарбоновой кислоты **В** также по реакции Ружички.

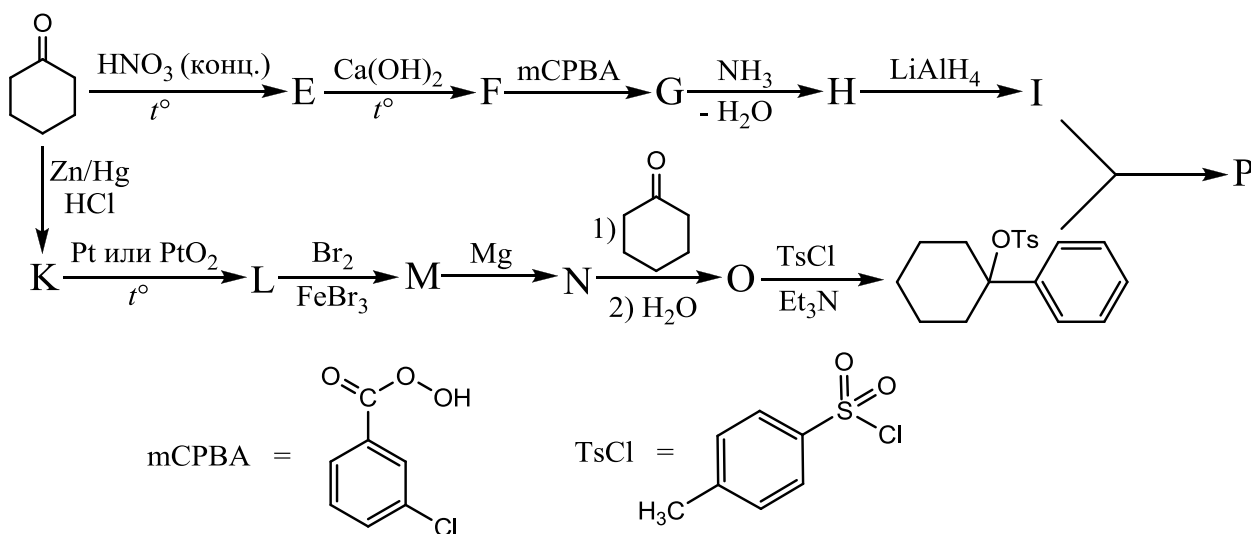


- ?1. Расшифруйте цепочку превращений, приведите структуры веществ **А**, **В**, **С**, **Д**, кислоты $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_4$.

Циклические кетоны используются в синтезе многих лекарственных препаратов. Например, циклогексанон использовался в синтезе фенциклидина – психоактивного вещества, которое в середине двадцатого века использовалось для внутривенного наркоза. С 1965 года, однако,

использование препарата запрещено в связи с большой токсичностью и наркотическим действием препарата.

Ниже представлен синтез фенциклидина (вещество **P**) из циклогексанона:

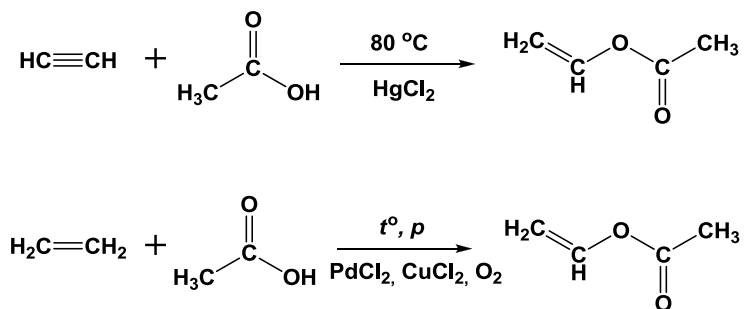


?2. Напишите структурные формулы веществ **E–P**, если известно, что **G** содержит шестичленный цикл, а **P** – три шестичленных цикла.

?3. Предложите способ получения гексан-1,6-диола из циклогексанона в две стадии. Возможно, в этом Вам помогут превращения, уже использованные в этой задаче.

IV. Винацетат (20 баллов)

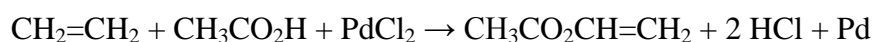
Винацетат – важный для промышленности мономер. Существуют два промышленных способа получения винацетата. Исходными соединениями служат ацетилен и этилен соответственно. В современной промышленности винацетат получают из этилена.



?1. Почему синтез из ацетилена с таким же выходом больше не применяется?

?2. Приведите продукт присоединения уксусной кислоты к этилену в кислой среде в отсутствие окислителей.

Известно, что одной из стадий в современном процессе является восстановление палладия:



?3. Приведите уравнения двух последовательных реакций, приводящих к регенерации катализатора, если палладий не окисляется кислородом воздуха.

В тонком органическом синтезе для образования сложных эфиров уксусной кислоты применяется переэтерификация спиртов с винацетатом.

?4. Приведите уравнение подобной реакции с циклопентанолом и объясните, почему выгодно использовать винацетат с физико-химической точки зрения.

Полимеризацией винилацетата получается полимер **X**, гидролиз которого – промышленный способ получения полимера **Y**.

?5. Приведите структуры звеньев **X** и **Y**.

?6. Объясните, почему **Y** нельзя получить напрямую из мономера.

По данным криоскопии образца полимера **X** его средняя молярная масса составила 19,8 кг/моль. После гидролиза молярная масса уменьшилась до 13,1 кг/моль.

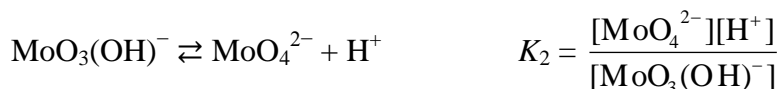
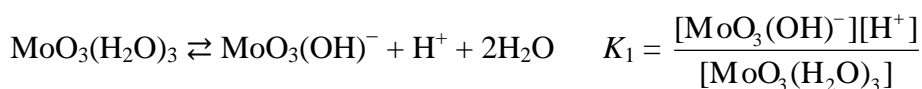
?7. Определите степень полимеризации **X** (количество мономерных звеньев в молекуле полимера).

?8. Считая, что степень полимеризации в ходе гидролиза не изменилась, определите долю гидролизованных сложноэфирных групп.

?9. Определите молярную массу полимера **Y**, если гидролиз пройдет количественно.

V. Необычная химия молибдена (20 баллов)

Молибдаты в очень разбавленных растворах участвуют в двух кислотно-основных равновесиях.



Интересно, что за счет изменения координационного числа молибдена на первой стадии значения констант кислотности по первой и второй ступени при 25 °С почти совпадают. В дальнейших расчетах примите $K_1 = K_2 = 2,0 \cdot 10^{-4}$ при стандартной температуре.

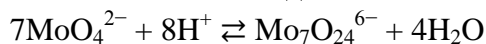
?1. В растворе суммарная концентрация всех форм молибдат-ионов равна $3,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Определите концентрации каждой из трех форм молибдат-иона (MoO_4^{2-} , $\text{MoO}_3(\text{OH})^-$ и $\text{MoO}_3(\text{H}_2\text{O})_3$) в этом растворе, если его pH равен 5,00.

?2. Такое соотношение между константами равновесия двух стадий диссоциации наблюдается при температуре 25°С. Определите изменение энтропии второй реакции, если известно, что энтальпия этой реакции равна –20 кДж/моль.

?3. Энтальпия диссоциации по первой ступени равна 49 кДж/моль. На основании принципа Ле-Шателье, определите, как будет изменяться соотношение K_1/K_2 с увеличением температуры (увеличиваться или уменьшаться). Ответ кратко объясните.

?4. Частица $\text{MoO}_3(\text{H}_2\text{O})_3$ имеет октаэдрическое строение. Нарисуйте структурные формулы всех возможных её геометрических изомеров, считая, что октаэдр правильный.

В более концентрированных растворах преобладающим равновесием, в котором участвует молибдат-ион, становится образование гептамолибдат-иона.



Раствор молибдата натрия концентрацией 0,0010 М довели до pH = 4,88. При этом примерно половина молибдат-ионов превратилась в гептамолибдат.

?5. Запишите выражение для константы равновесия образования гептамолибдат-иона. При этом не забывайте, что концентрация воды в это выражение не входит.

?6. Оцените значение константы равновесия. Влиянием других равновесий пренебрегите.

Полезная информация:

$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ – связь pH с концентрацией ионов водорода.

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ = -RT \cdot \ln K_p$ – связь константы равновесия с энтальпией ΔH° , энтропией реакции ΔS° и температурой.

**Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия»
Очный тур (решения и разбалловка)
2018-2019 учебный год**

11 класс

I. Превращения «красивого» элемента.

1. Установить элемент можно из названия задачи (ванадий назван в честь скандинавской богини красоты Ванадис), а также из соотношения масс хлоридов **В**, **С** и **Г**. Т.к. массы соотносятся как 1,58 : 1,29 : 1,00, можно сделать вывод, что состав **В** отличается от **С** на столько же атомов хлора, как и **С** от **Г**. Тогда формулы могут выглядеть как MCl_{x+2} , MCl_{x+1} и MCl_x соответственно (либо MCl_{x+4} , MCl_{x+2} и MCl_x , формулы, отличающиеся на три и более атома хлора, не реалистичны). Для первого случая запишем соотношение для двух крайних хлоридов:

$$\frac{A + 35,45(x + 2)}{A + 35,45x} = 1,58$$

где A – атомный вес металла. Тогда преобразуя это уравнение получим:

$$A = \frac{70,9 - 0,58 \cdot 35,45x}{0,58}$$

перебирая x получим:

x	A , г/моль	комментарий
1	86,79	близко к атомным весам рубидия и стронция, однако ни один из них не образует такого набора хлоридов
2	51,34	ванадий
3	15,89	близко к атомному весу кислорода, но он не может проявлять валентности 5 и 7

Для второго случая получаем:

$$\frac{A + 35,45(x + 4)}{A + 35,45x} = 1,58$$

откуда

$$A = \frac{141,8 - 0,58 \cdot 35,45x}{0,58}$$

перебирая x получим:

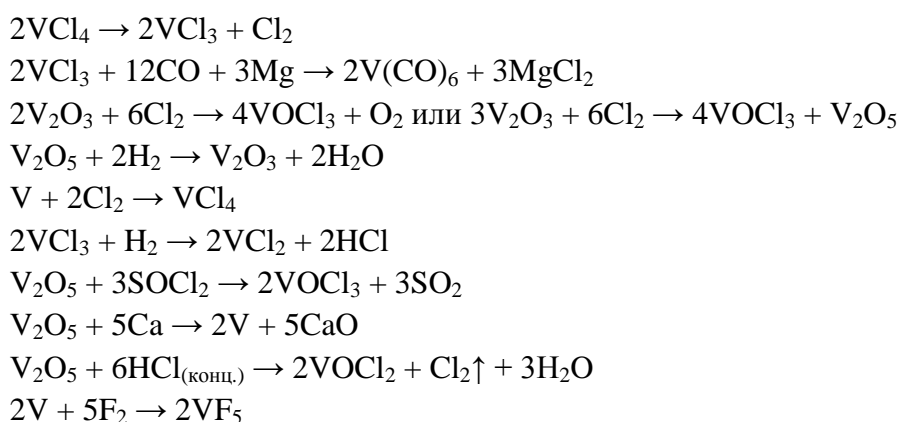
x	A , г/моль	комментарий
1	209,03	близко к атомному весу висмута, но формула $BiCl$ не реалистична
2	173,58	близко к атомному весу иттербия, но он не проявляет валентность 6 в хлоридах
3	138,13	близко к атомному весу лантана, но он не проявляет валентности 5 и 7 в хлоридах
4	102,68	близко к атомному весу родия, но он не проявляет валентности 6 и 8 в хлоридах

Таким образом, искомый элемент – **ванадий**.

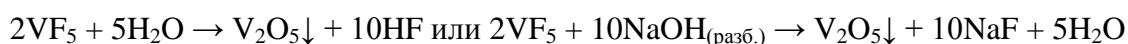
Формулы веществ:

- A** – V_2O_3 ;
- B** – VCl_4 ;
- C** – VCl_3 ;
- D** – $V(CO)_6$;
- E** – $VOCl_3$;
- F** – V_2O_5 ;
- G** – VCl_2 ;
- H** – $VOCl_2$;
- I** – VF_5 ;
- X** – V .

Уравнения реакций:



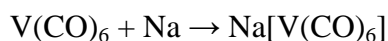
2. Превратить фторид ванадия(V) в оксид можно гидролизом либо взаимодействием с разбавленным раствором щелочи:



Превратить оксид ванадия(V) во фторид можно взаимодействием со фтором:



3. В комплексе $V(CO)_6$ правило Сиджвика не выполняется, т.к. около комплексообразователя 17 электронов: у ванадия на валентном уровне 5 электронов, 6 связей с монооксидом углерода дают 12 электронов. Для получения оболочки в 18 электронов не хватает одного, поэтому этот комплекс легко реагирует с натрием с образованием координационного соединения $Na[V(CO)_6]$:



Разбалловка:

1. Расшифровка схемы превращений – 15 баллов (по 1 баллу за каждое из 10 веществ **A-I** и **X**, по 0,5 балла за каждое из 10 уравнений реакций).
2. Ответ на второй вопрос – 2 балла (по 1 баллу за превращение).
3. Ответ на третий вопрос – 3 балла (1 балл за объяснение для вещества **D**, 1 балл за формулу продукта взаимодействия с натрием, 0,5 балла за пояснение, 0,5 балла за уравнение реакции).

ИТОГО: 20 баллов

II. Непростая АБВГДЕйка.

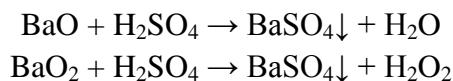
1. **Б** – скорее всего, либо азот, либо кислород. Тогда **В** и **Г** – вероятно, оксиды или нитриды одного и того же элемента. При взаимодействии с серной кислотой образуется осадок сульфата, значит, металл – кальций, стронций, барий или свинец. Однако осадки свинца растворимы в избытке щелочи, поэтому этот вариант условию задачи не удовлетворяет. Значит, **Д** – сульфат одного из щелочноземельных элементов MSO_4 с молярной массой $(M + 96)$ г/моль.

Поскольку **А** – щелочноземельный металл, то **В** и **Г** – либо оксид и пероксид одного и того же элемента, либо два нитрида. Рассмотрим первый случай. Оксид имеет формулу MO и молярную массу $(M + 16)$ г/моль, а пероксид MO_2 – $(M + 32)$ г/моль. Количество пероксида и оксида равны количеству получающегося сульфата, значит, должны выполняться условия:

$$\frac{1,310}{M + 32} = \frac{1,806}{M + 96} \quad \text{и} \quad \frac{1,310}{M + 16} = \frac{1,994}{M + 96}$$

Решение обоих уравнений дает $M = 137$ с точностью до целых. Значит, **А** – Ва, **Б** – O_2 , **В** – ВаО, **Г** – ВаО₂, **Д** – ВаSO₄.

2. Уравнения реакций **В** и **Г** с серной кислотой.

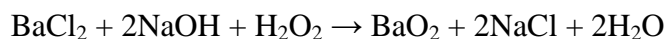


Концентрированная серная кислота растворяет сульфаты с образованием гидросульфатов из-за того, что является кислотой средней силы по второй ступени и сильной – по первой.



3. При большом давлении кислорода образуется пероксид бария ВаО₂. Этот вывод можно сделать из рассмотрения равновесия $2\text{BaO}_2 \rightleftharpoons 2\text{BaO} + \text{O}_2$, которое смещается влево при увеличении давления кислорода (согласно принципу Ле-Шателье).

4. Вещество со столь высоким содержанием кислорода – скорее всего, водородное соединение. В нем содержание кислорода больше, чем в воде ($16/18 = 88,9\%$). Значит, это перекись водорода: массовая доля кислорода составляет для нее $32/34 = 94,12\%$, что полностью соответствует условию. Тогда уравнение реакции выглядит следующим образом:



5. Удельная поверхность – отношение площади поверхности к массе. Используем эту величину для отдельной сферической наночастицы.

$$\frac{S}{m} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho} = \frac{3}{r\rho} \Rightarrow r = \frac{3}{\frac{S}{m}\rho} = \frac{3}{15,5 \text{ м}^2/\text{г} \cdot 4,96 \cdot 10^6 \text{ г}/\text{м}^3} = 3,9 \cdot 10^{-8} \text{ м} = 39 \text{ нм}$$

6. Массовое отношение **Ж** и **Г** в реакции – 5,66 : 1, а мольное – 6 : 1. Воспользуемся этим для нахождения молярной массы **Ж**.

$$m(\text{Ж}) : m(\text{BaO}_2) = [n(\text{Ж}) \cdot M(\text{Ж})] : [n(\text{BaO}_2) \cdot M(\text{BaO}_2)] = 6 \cdot \frac{M(\text{Ж})}{M(\text{BaO}_2)} = 5,66$$

Значит, $M(\text{Ж}) = 5,66M(\text{BaO}_2) : 6 = 159,7$ г/моль. **Ж** – оксид, значит, имеет формулу M_2O_n или MO_n . Перебором возможных значений n находим, что **Ж** – это Fe_2O_3 .

Далее запишем уравнение реакции:



Из него видно, что **Е** имеет формулу $\text{BaFe}_{12}\text{O}_y$. Поскольку степени окисления железа и бария в реакции не изменяются, то выполняется условие $2y = 2 + 12 \cdot 3$, то есть $y = 19$. Итак, **Е** – это $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$.

Уравнение реакции получения **Е**:



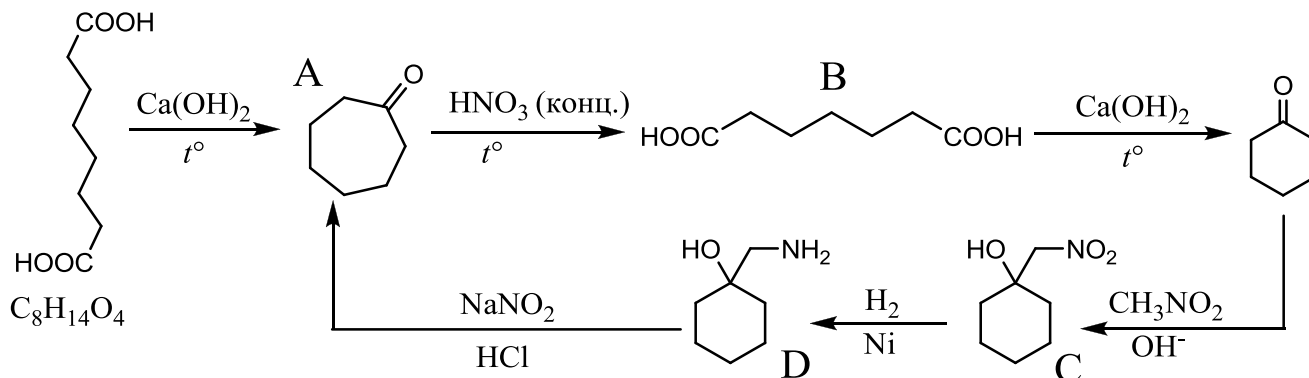
Разбалловка:

1. За определение веществ **А, Б, В, Г, Д** — 7,5 баллов (по 1,5 балла за вещество, если нет подтверждения расчетами – по 1 баллу за вещество).
2. Уравнения реакций – 1,5 балла (по 0,5 балла за реакцию).
3. Выбор перекиси бария с объяснением – 1,5 балла, без объяснения – 0,5 балла.
4. Определение перекиси водорода – 1 балл, уравнение реакции – 0,5 балла, уравнение реакции без коэффициентов – 0 баллов. Всего 1,5 балла.
5. Вывод формулы без итогового значения – 2 балла, правильное итоговое значение радиуса – 1 балл. Всего 3 балла.
6. Определение формул **Ж, Е** – по 2 балла. Без расчетов – по 1 баллу. Уравнение реакции – 1 балл, без коэффициентов – 0 баллов. Всего 5 баллов.

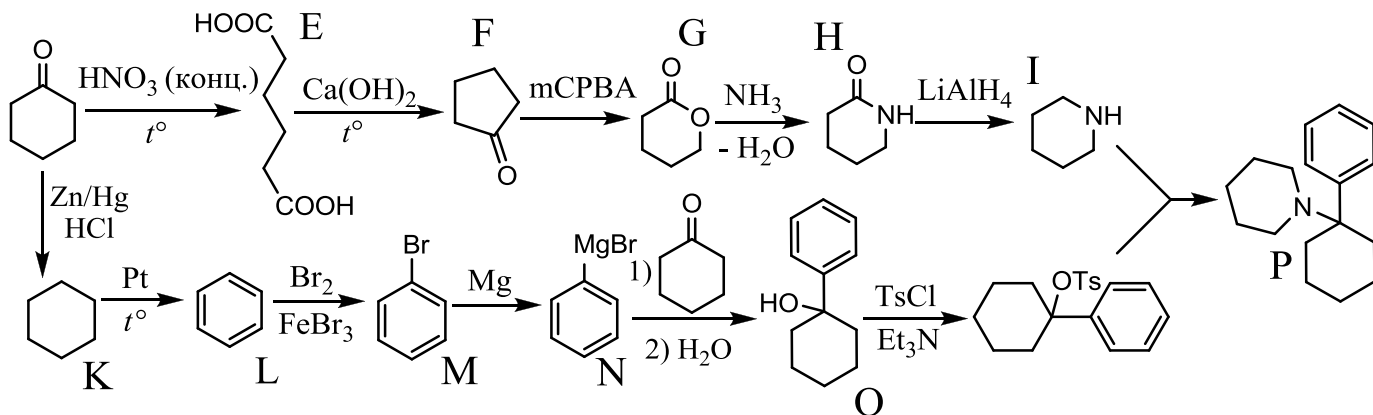
ИТОГО: 20 баллов

III. Цилические кетоны.

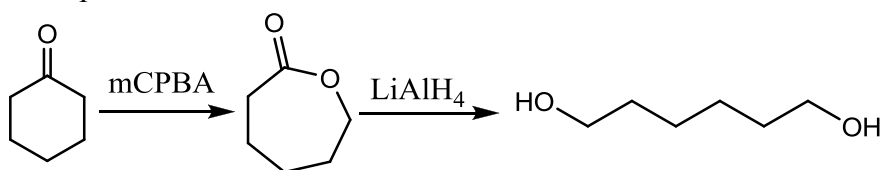
1. Окисление азотной кислотой ведет к получению дикарбоновых кислот, прокаливание их с гидроксидом кальция – к декарбоксилированию и циклизации в кетон. Кетон с нитрометаном в присутствии основания присоединяет анион $[\text{CH}_2\text{NO}_2]^-$, получающееся нитросоединение восстанавливается до амина. Таким образом, структуры веществ **А – Д** ясны.



2. На стадиях превращения в **Е** и **Г** происходит уменьшение цикла на 1, аналогичное предыдущему пункту. Значит, на стадии превращения **Г** в **В** цикл увеличивается, что возможно за счет окисления пероксикислотой до циклического сложного эфира. Тогда **Н** – циклический амид, а **И** – циклический амин (пиперидин). Нижняя ветка расшифровывается «с конца»: тозилхлорид дает тозилаты со спиртом **О**, который получился из циклогексанона и реактива Гриньяра **Н**, тогда **М** – бромбензол, **Л** – бензол, **К** – циклогексан. Вещество **Р** получается замещением легко уходящего тозилат-аниона на пиперидин.



3. Гександиол можно получить окислением по Байеру-Виллигеру (обработка пероксокислотой, аналогичная стадии $F \rightarrow G$), полученный сложный эфир восстановлением литийалюмогидридом дает нужный спирт.



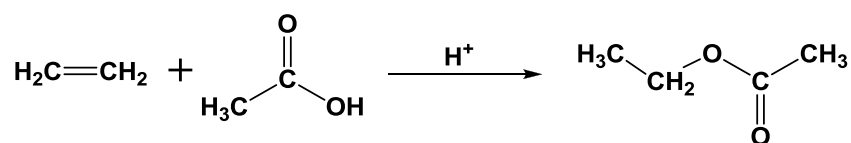
Разбалловка:

1. 5 структурных формул по 1,5 балла, всего 7,5 балла.
2. 11 структурных формул по 1 баллу, всего 11 баллов.
3. Верный двухстадийный синтез – 1,5 балла.

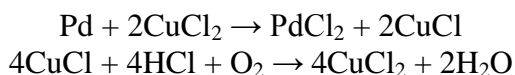
ИТОГО: 20 баллов

IV. Винацетат.

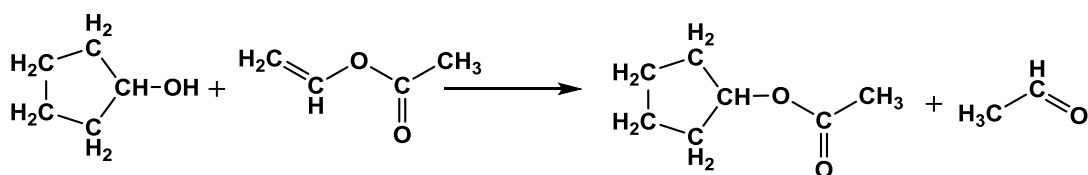
1. После того, как основным источником получения этилена стал пиролиз нефти, ацетилен стало невыгодно использовать экономически из-за меньшей стоимости этилена. Кроме того, в синтезе из ацетилена используются токсичные соли ртути в качестве катализаторов.
2. В отсутствие окислителей этилен присоединяет уксусную кислоту с образованием этилацетата.



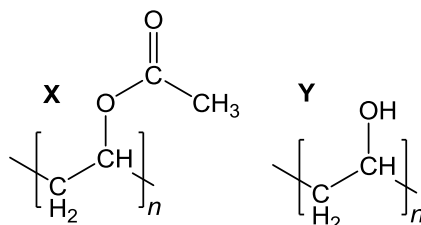
3. Палладий окисляется медью(II), а образующаяся медь(I) окисляется кислородом.



4. В ходе переэтерификации винацетата образуется неустойчивый енол – виниловый спирт, который затем самопроизвольно перегруппировывается в ацетальдегид.



5. Структуры полимерных звеньев поливинацетата (X) и поливинилового спирта (Y).



6. Реакции переэтерификации с алкилацетатами обратимы, их выход понижается из-за заметной обратимости реакций. Реакции переэтерификации с участием винилацетата необратимы из-за необратимой изомеризации винилового спирта в ацетальдегид.

7. Степень полимеризации равна количеству мономерных звеньев в полимере. Молярная масса мономерного звена в ПВА равна 86 г/моль. Значит, степень полимеризации равна $19800/86 = 230$.

8. Пусть доля гидролизованных звеньев равна x , тогда количество гидролизованных звеньев равно $230x$, а негидролизованных – $230(1 - x)$. Выразим молярную массу через x .

$$13100 = 230x \cdot 44 + 230(1 - x) \cdot 86$$

$$x = 0,69$$

9. Молярная масса полимера равна произведению степени полимеризации (230) на молярную массу мономерного звена поливинилового спирта (44 г/моль).

$$M = 44 \cdot 230 = 10100 \text{ г/моль} = 10,1 \text{ кг/моль}$$

Разбалловка:

1. За объяснение неиспользования ацетиленов – 2 балла.
2. За продукт присоединения без окислителей – 2 балла.
3. За уравнения двух реакций – по 1,5 балла, всего 3 балла.
4. За уравнение реакции с циклопентанолом – 1,5 балла (если указан виниловый спирт вместо ацетальдегида – 0,5 балла). За объяснение использования винилацетата – 1,5 балла. Всего 3 балла за п. 4.
5. Структуры X и Y – по 1,5 балла, всего 3 балла.
6. За объяснение невозможности прямого синтеза – 1 балл.
7. За расчет степени полимеризации X – 2 балла.
8. Доля гидролизованных звеньев – 2 балла.
9. Расчет молярной массы в случае полного гидролиза – 2 балла.

ИТОГО: 20 баллов

V. Необычная химия молибдена.

1. Концентрация $[H^+] = 10^{-5}$ моль/л. Выразим концентрации всех форм через концентрацию гидромolibдат-ионов.

$$[MoO_3(H_2O)_3] = \frac{[MoO_3(OH)^-][H^+]}{K_1} = 0,05[MoO_3(OH)^-]$$

$$[MoO_4^{2-}] = \frac{[MoO_3(OH)^-]K_2}{[H^+]} = 20[MoO_3(OH)^-]$$

Общую концентрацию представим как сумму всех концентраций:

$$c = [MoO_3(H_2O)_3] + [MoO_3(OH)^-] + [MoO_4^{2-}]$$

$$c = 0,05[MoO_3(OH)^-] + [MoO_3(OH)^-] + 20[MoO_3(OH)^-] = 21,05[MoO_3(OH)^-]$$

$$[\text{MoO}_3(\text{OH})^-] = \frac{c}{21,05} = \frac{3 \cdot 10^{-5}}{21,05} = 1,43 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

$$[\text{MoO}_3(\text{H}_2\text{O})_3] = 0,05[\text{MoO}_3(\text{OH})^-] = 7,15 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л}$$

$$[\text{MoO}_4^{2-}] = 20[\text{MoO}_3(\text{OH})^-] = 2,86 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

2. Найдем стандартное изменение энергии Гиббса из константы равновесия.

$$\Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K_p = -8,314 \cdot 298 \cdot \ln(2,0 \cdot 10^{-4}) = 21,1 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ$$

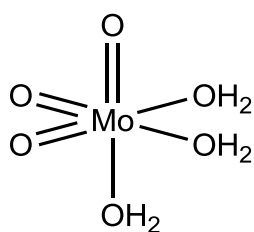
$$\Delta S^\circ = \frac{\Delta H^\circ - \Delta G^\circ}{T} = -138 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

3. Энтальпия первой реакции положительна, значит первая реакция – эндотермическая, K_1 будет расти с ростом температуры (согласно принципу Ле-Шателье).

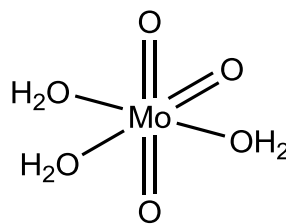
Аналогично, поскольку энтальпия второй реакции отрицательна, вторая реакция – экзотермическая, значит, K_2 будет падать с ростом температуры.

Значит, отношение K_1/K_2 будет возрастать при увеличении температуры, поскольку числитель возрастает, а знаменатель – убывает.

4. Октаэдрические частицы общей формулы MA_3B_3 имеют два геометрических изомера – осевой и граневый. Названия изомеров не оцениваются.



граневый



осевой

5. Выражение для константы равновесия.

$$K = \frac{[\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}]}{[\text{MoO}_4^{2-}]^7 [\text{H}^+]^8}$$

6. Начальная концентрация молибдат-иона равна 0,0010 М. Половина превратилась в гептамолибдат, значит $[\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}] = 0,0005 / 7 = 7,1 \cdot 10^{-5}$ М, $[\text{MoO}_4^{2-}] = 0,0005$ М. Значение pH раствора равно 5,63, значит $[\text{H}^+] = 10^{-4,88} = 1,3 \cdot 10^{-5}$ М.

$$K = \frac{[\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}]}{[\text{MoO}_4^{2-}]^7 [\text{H}^+]^8} = 1,1 \cdot 10^{58}$$

Правильным считается значение, совпадающее по порядку величины ($\sim 10^{58}$).

Разбалловка:

1. Расчет трех концентраций по 2 балла – всего 6 баллов.
2. Расчет изменения энтропии – 2 балла.
3. Вывод об изменении K_1 , K_2 – по 1 баллу, общий вывод – 1 балл, всего 3 балла.
4. 2 изомера по 2 балла. Каждый лишний изомер – минус 1 балл (вплоть до 0 баллов). Всего 4 балла.

5. Выражение для константы равновесия – 2 балла.

6. Расчет концентраций молибдата и гептамолибдата – по 1 баллу, расчет K – 1 балл. Всего 3 балла.

ИТОГО: 20 баллов