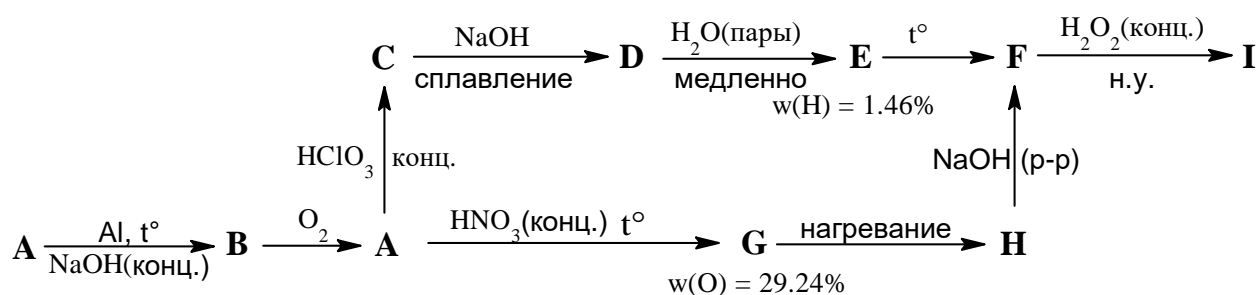


## Одиннадцатый класс

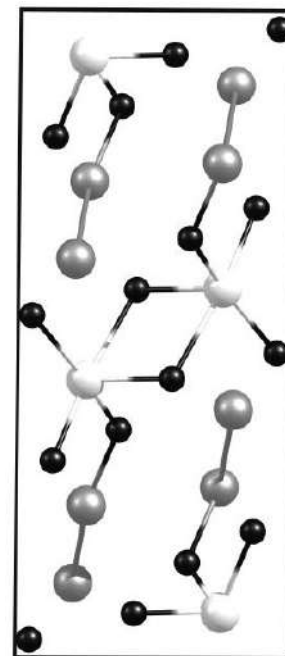
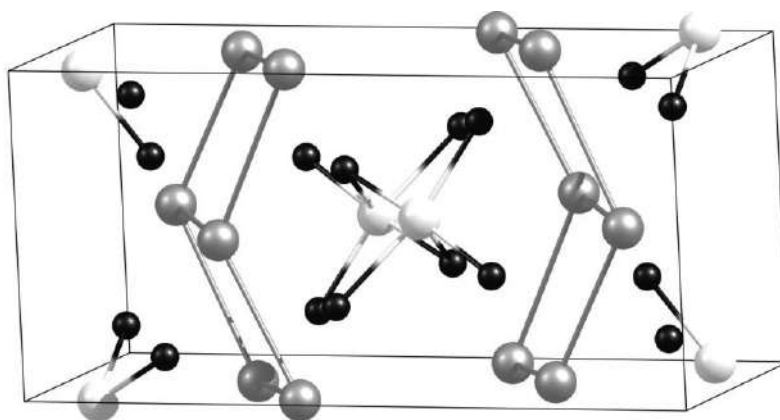
*Проверке подлежит только лицевая сторона бланка ответа!  
Все численные результаты должны быть подтверждены расчетом,  
хотя бы коротким. Все качественные ответы должны иметь обоснование,  
хотя бы короткое. В противном случае оценка 0 баллов.*

### Задача 11-1

Элемент **X** образует простое серебристо-белое вещество **A** с металлическим блеском. Соединения этого элемента давно используются в полупроводниковой и энергетической промышленности. Ниже представлена схема превращений веществ, содержащих элемент **X**:



В конце XX и особенно в XXI веке ряд соединений элемента **X**, в частности вещество **I**, нашли применение в качестве катализаторов в нефтехимических процессах из-за особого строения кристаллической решётки.



Соединение **I** образует бесцветные кристаллы ромбической сингонии с параметрами элементарной ячейки  $a = 0.5798$  нм,  $b = 1.224$  нм,  $c = 0.5214$  нм. Плотность этого вещества составляет  $4.28$  г/см<sup>3</sup>.

### Вопросы:

1. Определите элемент **X**. Ответ подтвердите расчётом.
2. Определите вещества **A – I**, если известно, что вещества **G** и **E** состоят из 4-х элементов, а вещества **B** и **H** – бинарные соединения.
3. Напишите уравнения всех реакций, приведенных на схеме.
4. Предположите, для чего может применяться последовательность стадий **A→B→A** на практике.

### Задача 11-2

Ионное соединение **A** может быть получено при взаимодействии простых веществ элементов **M** и **P**. Вещество **A** впервые было получено в 1938 году, но до сих пор считается необычным. В 1998 году при взаимодействии стехиометрических количеств **C** (оксид **M**) и **A** при 300 °С было получено соединение **B** (*p-ция 1*).

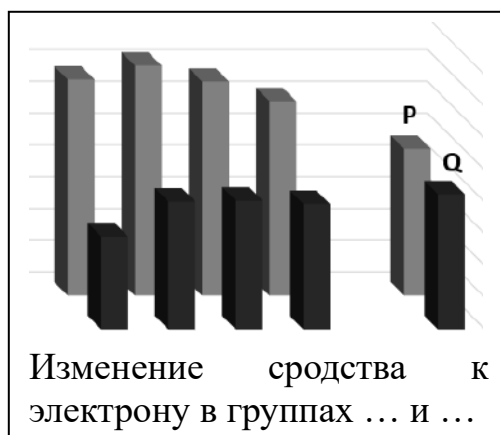
В 2000 году при взаимодействии **A**, **C** и простого вещества **P** получили ещё одно удивительное соединение **D**, в котором элемент **P** находится в 2-х степенях окисления (*p-ция 2*).

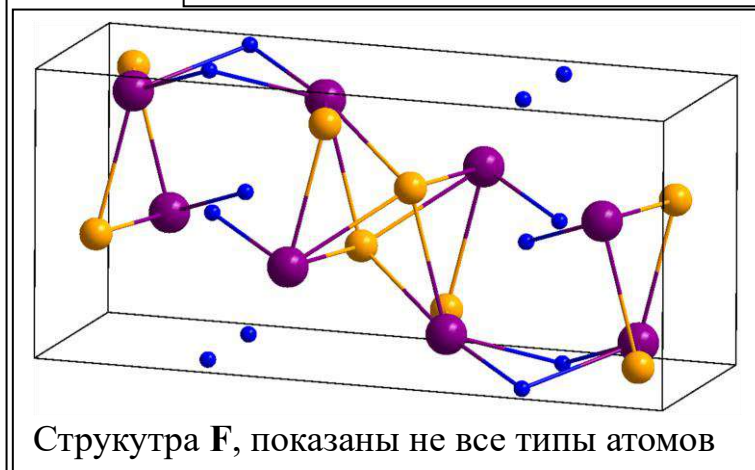
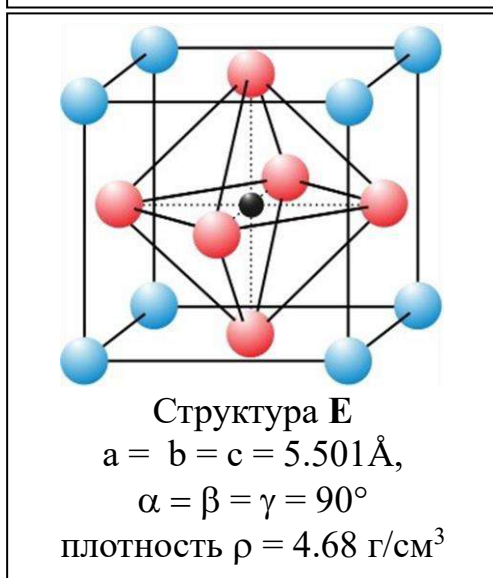
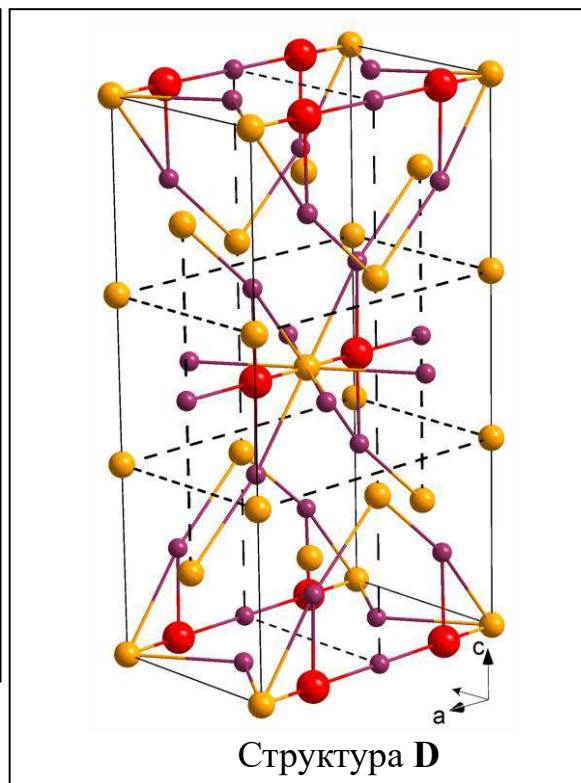
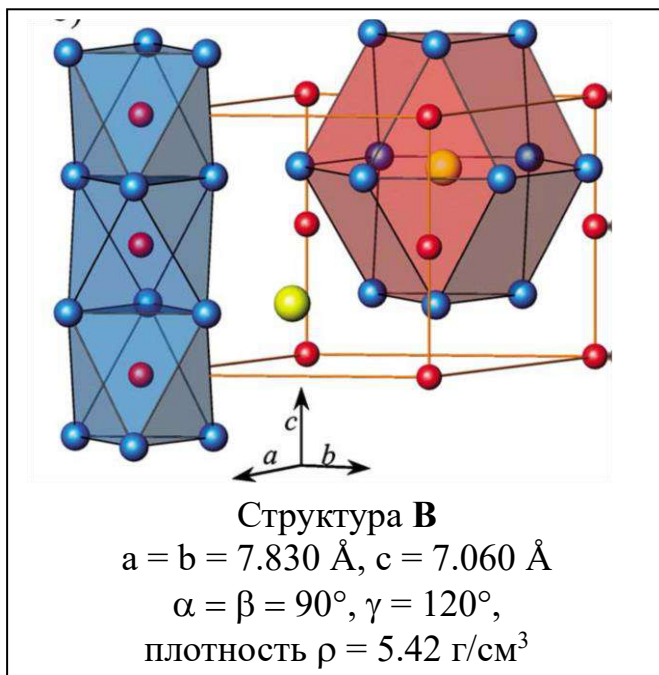
Элементы **M** и **L** находятся в одной группе, и **L** способен образовать соединение **E** такого же состава, что и **B**, но его структура несколько иная.

При перекристаллизации **A** из жидкого аммиака образуются кристаллы **F**.

Класс соединений, открытый в 1938 году, в 2003 пополнился ещё одним представителем – **G**. В состав этого соединения входят элементы **M** и **Q**. Элемент **Q** находится в соседней ячейке слева от **P** в таблице Д.И. Менделеева. Образуется **G**, как и **B**, при нагревании простых веществ при 700°С в автоклаве.

Возможность образования соединений, описанных в задаче, связывают с тем, что сродство к электрону элементов **P** и **Q** близко к ... и ... группам, соответственно, что связано с их электронным строением.





**Вопросы:**

1. Определите элементы М, L и P, Q, а также соединения А – F. Ответ подтвердите расчетами.
2. Определите координационные числа элементов в структуре E, укажите степени окисления элементов. Оцените ионный радиус P.
3. Запишите уравнения реакций 1 и 2.
4. Почему на рисунке структуры F изображены не все атомы?
5. Сходство с элементами каких групп проявляют элементы P и Q? Как это связано с электронным строением? Для соединения G предположите состав, ответ обоснуйте.

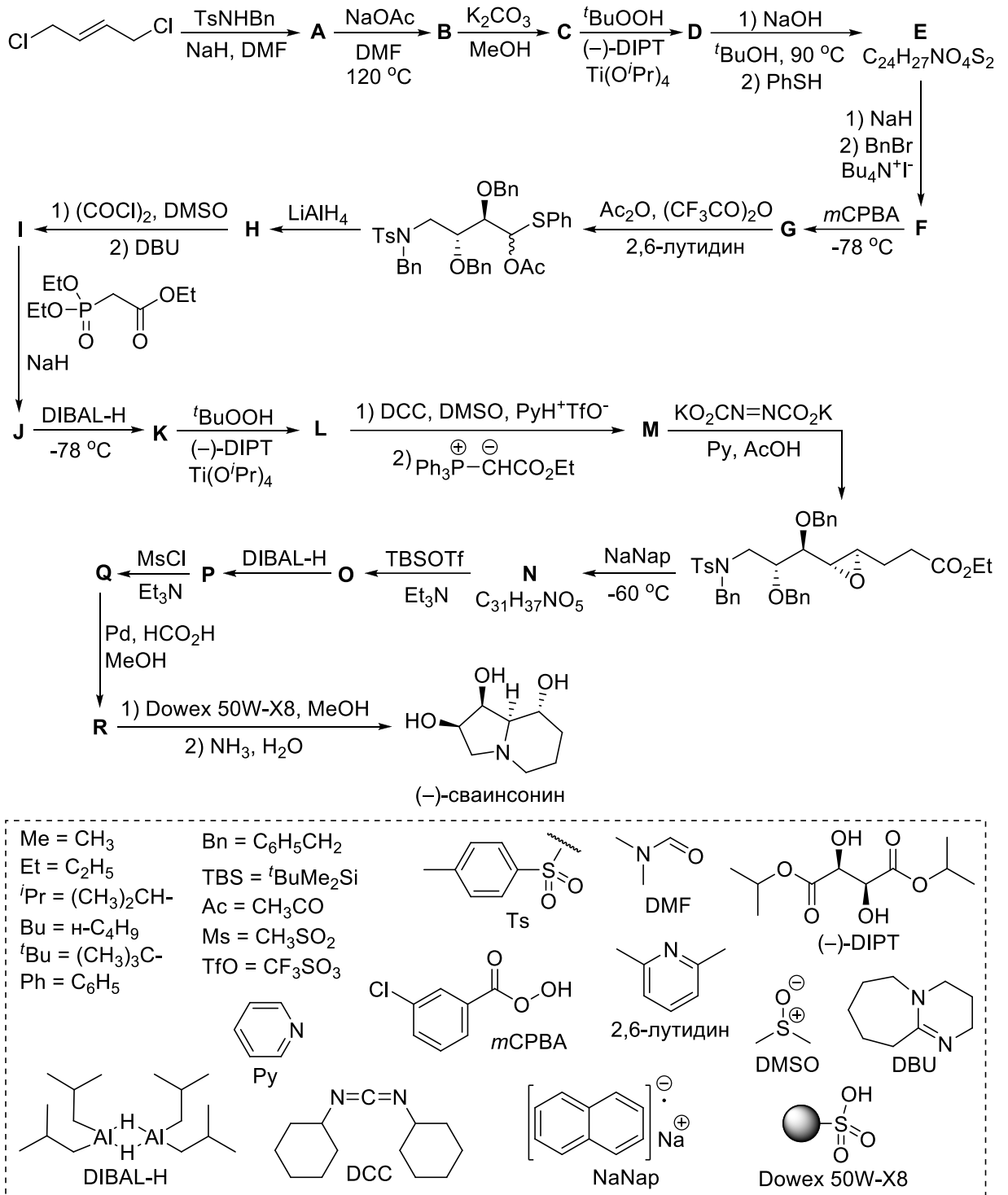
**Имейте в виду, что цвет и размер «атомов» на разных изображениях может не совпадать. Любые совпадения случайны.**

### Задача 11-3

В 2022 году Карл Барри Шарплесс во второй раз стал лауреатом Нобелевской премии по химии «за развитие клик-химии и биоортогональной химии». Концепция клик-химии заключается в использовании быстрых, эффективных и селективных реакций для построения молекул из отдельных модульных фрагментов меньшего размера. Клик-химия особенно важна для разработки новых лекарств, поскольку позволяет значительно ускорить процесс синтеза большого количества однотипных химических соединений – потенциальных фармацевтических препаратов. Шарплесс впервые предложил концепцию клик-химии, а также сыграл ключевую роль в разработке наиболее известной реакции данного класса, в которой участвуют органический азид и алкин.

1. Напишите структуру продукта реакции клик-химии между органическим азидом  $RN_3$  и алкином  $R'C\equiv CH$ . Катализаторы на основе какого из металлов обычно применяются в этой реакции?

Свою первую Нобелевскую премию Шарплесс получил в 2001 году «за работу по хирально катализируемым реакциям окисления». Он разработал энантиоселективные реакции эпоксицирования, дигидроксилирования и аминогидроксилирования алкенов, которые активно используются в синтезах природных и биологически активных соединений. Например, в 1985 году сам Шарплесс использовал открытую им реакцию эпоксицирования в энантиоселективном синтезе (–)-сваинсонина – токсичного алкалоида индолизидинового ряда. Сваинсонин содержится в растениях родов *Oxytropis* и *Astragalus*, распространённых в Северной Америке, а также в растениях рода *Swainsona*, эндемичных для Австралии. Хроническое употребление в пищу этих растений приводит к неврологическим заболеваниям и снижению веса у скота. В то же время сваинсонин является перспективным средством для терапии некоторых онкологических заболеваний. Схема синтеза (–)-сваинсонина группой Шарплесса приведена ниже.

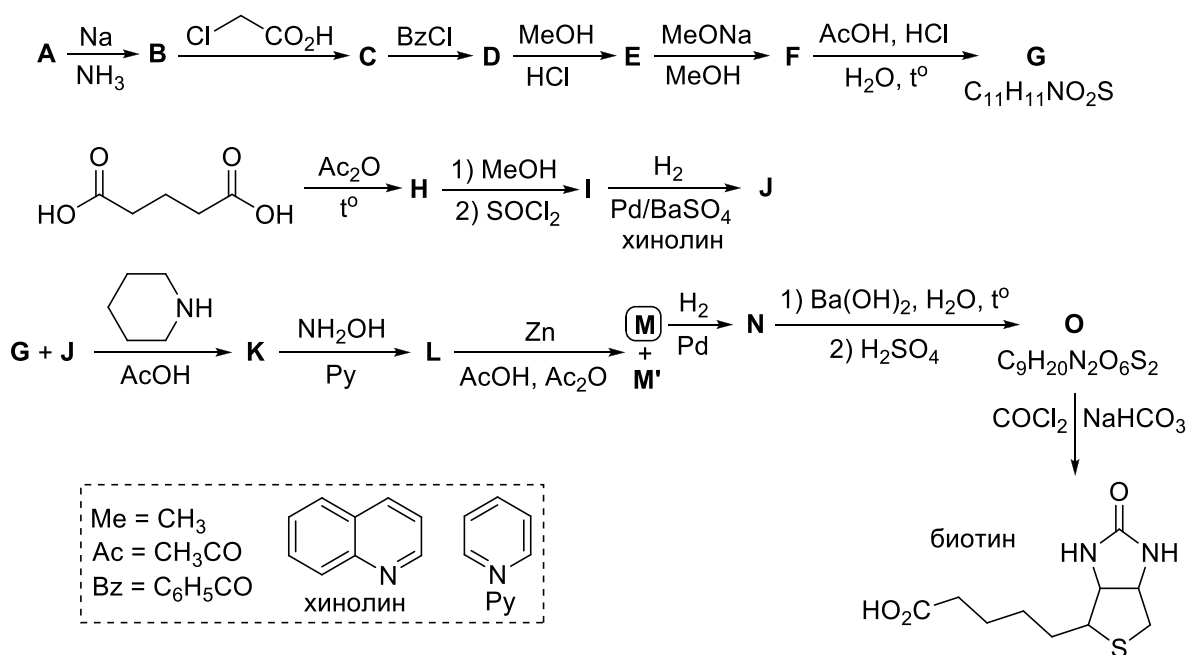


2. Напишите структурные формулы веществ **A** – **R** (конфигурацию хиральных центров указывать не обязательно). Известно, что в ИК-спектре вещества **P** присутствует полоса при 3415 см<sup>-1</sup>, а в области от 1500 до 2800 см<sup>-1</sup> полос поглощения нет. Соединение **Q** – ионное и содержит 5.966% хлора по массе. Dowex 50W-X8 – ионообменная смола с группами –SO<sub>3</sub>H.

3. Определите конфигурацию всех хиральных центров в структуре (-)-сваинсонина по *R,S*-номенклатуре.

### Задача 11-4

Витамин В<sub>7</sub>, известный также как биотин, в организме млекопитающих участвует во многих процессах метаболизма, выполняя функцию кофермента ряда карбоксилаз. Первый нестереоселективный синтез биотина был проведён в 1944 году группой американских органиков из компании Merck под руководством Карла Фолкерса. В качестве одного из исходных соединений было взято вещество **A**, в рамановском спектре которого присутствует очень интенсивная полоса в области 500 см<sup>-1</sup>. При восстановлении **A** натрием в жидком аммиаке образуется единственное органическое вещество **B**, которое содержит 26.47 масс. % серы и является протеиногенной аминокислотой. Полная схема синтеза биотина, проведённого группой Фолкерса, представлена ниже.



1. Напишите структурные формулы веществ **A** – **L**, **M**, **M'**, **N** и **O** (без учёта стереохимии). Соединения **M** и **M'** являются изомерами, отличающимися положением кратной связи. В спектрах <sup>13</sup>C ЯМР обоих этих веществ присутствуют 17 сигналов, включая 3 сигнала от четвертичных атомов углерода в области 160–180 м.д., а также 6 сигналов в области 100–140 м.д. При этом в случае **M** из этих 6 сигналов 3 принадлежат четвертичным атомам углерода, а в случае **M'** таких сигналов только 2. Оставшиеся 8 сигналов расположены в области химических сдвигов от 20 до 80 м.д. для обоих

изомеров и принадлежат только первичным, вторичным и третичным атомам углерода.

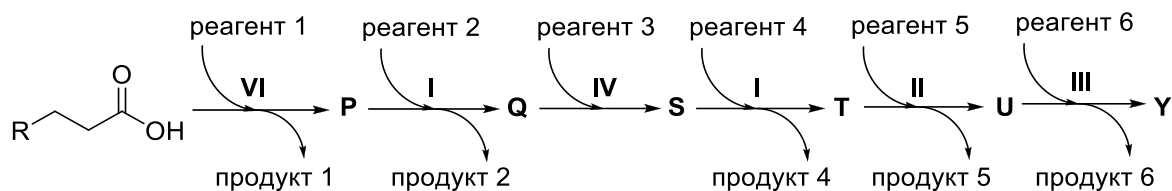
Форма аминокислоты **B**, соответствующая  $pH = 0$ , является трёхосновной кислотой и, соответственно, имеет 3 константы кислотности:  $pK_{a1} = 1.96$ ,  $pK_{a2} = 8.18$ ,  $pK_{a3} = 10.28$ .

2. Соотнесите константы кислотности с функциональными группами молекулы **B**, обоснуйте Ваш выбор. Рассчитайте значение изоэлектрической точки ( $pI$ ) вещества **B**.

При окислении веществ **A** и **B** надкислотами (например,  $HCO_3H$  или  $mCPBA$ ) образуется одно и то же вещество **X**, форма которого при  $pH = 0$  может диссоциировать по трём ступеням, как и форма аминокислоты **B** при  $pH = 0$ .

3. Напишите структурную формулу **X** и сравните  $pI(X)$  с  $pI(B)$  ( $>$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $\approx$ ). Объясните Ваш выбор знака равенства/неравенства.

Молекула биотина может быть вовлечена в несколько последовательных циклов  $\beta$ -окисления ( $\beta$ -деградации) жирных кислот с участием кофермента А ( $CoA$ ), в результате каждого из которых происходит отщепление молекулы  $AcSCoA$  и образуются молекулы биснорбиотина **Y** (один цикл  $\beta$ -окисления) и тетранорбиотина **Z** (два цикла  $\beta$ -окисления). Каждый такой цикл состоит из шести стадий и протекает по представленной ниже на примере превращения биотина в биснорбиотин **Y** общей схеме (часть структуры биотина, не изменяющаяся в ходе одного цикла, обозначена как **R**). Над стрелками указано, ферменты каких классов катализируют каждую стадию: I. Оксидоредуктазы (окислительно-восстановительные реакции); II. Трансферазы (реакции переноса групп); III. Гидролазы (реакции гидролиза); IV. Лиазы (реакции отщепления небольших молекул с образованием двойной связи или цикла, либо присоединения молекул по двойной связи или с разрывом цикла); V. Изомеразы (реакции изомеризации); VI. Лигазы (образование связи, сопряжённое с гидролизом молекулы  $ATP$  или  $GTP$ ).



4. Напишите структурные формулы промежуточных соединений **P**, **Q**, **S** – **U** (неизменную часть структуры можно обозначать как **R**). Соотнесите участвующие на каждой стадии реагенты 1–6 с веществами из списка: а.  $\text{NAD}^+$ ; б.  $\text{FAD}$  с.  $\text{HSCoA}$ ; д.  $\text{H}_2\text{O}$ . Учтите, что некоторые реагенты встречаются в цикле более одного раза, а вторую стадию катализирует флавопротеин.

5. Напишите структурные формулы биснорбиотина **Y** и тетранорабиотина **Z** (полностью, без использования обозначения **R**).

### Задача 11-5

#### Хорошо известная реакция



Более 100 лет назад был предложен механизм реакции синтеза хлороводорода из простых веществ – первой достоверно подтвержденной цепной реакции. Несмотря на простое суммарное уравнение, механизм реакции очень сложен, включает большое число стадий и зависит от условий проведения. Реакция может происходить при нагревании в темноте, при освещении без нагревания или в присутствии паров натрия в темноте.

1. Стекланный сосуд объёмом  $50 \text{ см}^3$  поместили в термостат при  $273 \text{ К}$ . В сосуд ввели водород и хлор, их давления составили  $2200 \text{ Па}$  и  $2800 \text{ Па}$ , соответственно. Смесь облучили синим светом, в результате выделилось  $8.9 \text{ Дж}$  теплоты. Составьте термохимическое уравнение реакции. Приведите расчёт.

2. Объясните, почему реакция идет в темноте при добавлении паров натрия. Подтвердите уравнением. Предположите, будет ли она идти в темноте и без нагревания, но при добавлении паров ртути вместо натрия? Аргументируйте.

3. В фотохимической реакции водорода с хлором на короткое время увеличивается давление. Предложите объяснение этому экспериментальному факту.



4. Скорость фотохимической реакции  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$  очень чувствительна к наличию примесей, например кислорода. Для установления механизма и определения порядка реакции был проведен ряд экспериментов, результаты которых приведены в таблице.

№	Интенсивность света $I$ , отн. ед.	$[\text{H}_2]$ , ммоль/л	$[\text{Cl}_2]$ , ммоль/л	$[\text{O}_2]$ , мкмоль/л	Скорость реакции $r$ , отн. ед.
1	0.33	1.2	1.8	30	3.42
2	1.0	1.8	1.8	30	15.4
3	1.0	2.7	1.8	45	15.4
4	1.5	1.8	2.7	60	11.6

Определите кинетические порядки реакции по веществам и по интенсивности света – значения  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и  $a$  в выражении

$$r = k_{\text{он}} I^a [\text{H}_2]^x [\text{Cl}_2]^y [\text{O}_2]^z.$$

Примите, что все порядки – целые. Ответы обязательно подтвердите расчетом.

5. а) Предложите механизм цепной фотохимической реакции синтеза хлороводорода в присутствии кислорода, включающий **ровно** 4 стадии и полностью объясняющий найденное кинетическое уравнение.

б) Выведите из этого механизма выражение для скорости образования хлороводорода. При выводе учтите, что:

- скорость фотохимической стадии зарождения цепи равна интенсивности поглощенного света,  $r = I$ ;
- для каждого активного интермедиата суммарная скорость его образования равна суммарной скорости расходования.

в) Выразите опытную константу скорости через константы скорости отдельных стадий.

6. Для фотохимической реакции в диапазоне от  $20^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  средний температурный коэффициент скорости Вант-Гоффа равен 1.12. Рассчитайте опытную энергию активации  $E_{\text{оп}}$ . Выведите выражение, связывающее  $E_{\text{оп}}$  с энергиями активации отдельных стадий.

*Таблица ионных радиусов, Å*

Ион	КЧ*	Радиус	Ион	КЧ*	Радиус	Ион	КЧ*	Радиус
Ag <sup>+1</sup>	2	0.67	Cd <sup>+2</sup>	12	1.31	Cu <sup>+1</sup>	6	0.77
Ag <sup>+1</sup>	4	1.02	Ce <sup>+3</sup>	6	1.01	Cu <sup>+2</sup>	4	0.57
Ag <sup>+1</sup>	6	1.15	Ce <sup>+3</sup>	8	1.143	Cu <sup>+2</sup>	6	0.73
Ag <sup>+2</sup>	4	0.79	Ce <sup>+3</sup>	10	1.25	Cu <sup>+3</sup>	6(HC)	0.54
Ag <sup>+2</sup>	6	0.94	Ce <sup>+3</sup>	12	1.34	Dy <sup>+2</sup>	6	1.07
Ag <sup>+3</sup>	4	0.67	Ce <sup>+4</sup>	6	0.87	Dy <sup>+2</sup>	8	1.19
Ag <sup>+3</sup>	6	0.75	Ce <sup>+4</sup>	8	0.97	Dy <sup>+3</sup>	6	0.912
Al <sup>+3</sup>	4	0.39	Ce <sup>+4</sup>	10	1.07	Dy <sup>+3</sup>	8	1.027
Al <sup>+3</sup>	6	0.535	Ce <sup>+4</sup>	12	1.14	Er <sup>+3</sup>	6	0.89
As <sup>+3</sup>	6	0.58	Cl <sup>-1</sup>	4	1.75	Er <sup>+3</sup>	8	1.004
Au <sup>+1</sup>	6	1.37	Cl <sup>-1</sup>	6	1.81	Eu <sup>+2</sup>	6	1.17
Au <sup>+3</sup>	4	0.68	Co <sup>+2</sup>	4(BC)	0.58	Eu <sup>+2</sup>	8	1.25
Au <sup>+3</sup>	6	0.85	Co <sup>+2</sup>	6(BC)	0.745	Eu <sup>+2</sup>	10	1.35
Au <sup>+5</sup>	6	0.57	Co <sup>+2</sup>	6(HC)	0.65	Eu <sup>+3</sup>	6	0.947
Ba <sup>+2</sup>	6	1.35	Co <sup>+3</sup>	6(BC)	0.61	Eu <sup>+3</sup>	8	1.066
Ba <sup>+2</sup>	8	1.42	Co <sup>+3</sup>	6(HC)	0.545	F <sup>-1</sup>	4	1.31
Ba <sup>+2</sup>	10	1.52	Cr <sup>+2</sup>	6(BC)	0.80	F <sup>-1</sup>	6	1.33
Ba <sup>+2</sup>	12	1.61	Cr <sup>+2</sup>	6(HC)	0.73	Fe <sup>+2</sup>	4(BC)	0.63
Be <sup>+2</sup>	4	0.27	Cr <sup>+3</sup>	6	0.615	Fe <sup>+2</sup>	4(BC)	0.64
Be <sup>+2</sup>	6	0.45	Cr <sup>+4</sup>	4	0.41	Fe <sup>+2</sup>	6(BC)	0.78
Bi <sup>+3</sup>	6	1.03	Cr <sup>+4</sup>	6	0.55	Fe <sup>+2</sup>	6(HC)	0.61
Bi <sup>+3</sup>	8	1.17	Cr <sup>+5</sup>	4	0.345	Fe <sup>+2</sup>	8(BC)	0.92
Bi <sup>+5</sup>	6	0.76	Cr <sup>+5</sup>	6	0.49	Fe <sup>+3</sup>	4(BC)	0.49
Br <sup>-1</sup>	6	1.96	Cr <sup>+6</sup>	4	0.26	Fe <sup>+3</sup>	6(BC)	0.645
Ca <sup>+2</sup>	6	1.00	Cr <sup>+6</sup>	6	0.44	Fe <sup>+3</sup>	6(HC)	0.55
Ca <sup>+2</sup>	8	1.12	Cs <sup>+1</sup>	6	1.67	Fe <sup>+3</sup>	8(BC)	0.78
Ca <sup>+2</sup>	10	1.23	Cs <sup>+1</sup>	8	1.74	Fe <sup>+4</sup>	6	0.585
Ca <sup>+2</sup>	12	1.34	Cs <sup>+1</sup>	10	1.81	Fe <sup>+6</sup>	4	0.25
Cd <sup>+2</sup>	4	0.78	Cs <sup>+1</sup>	12	1.88	Ga <sup>+3</sup>	4	0.47
Cd <sup>+2</sup>	6	0.95	Cu <sup>+1</sup>	2	0.46	Ga <sup>+3</sup>	6	0.62
Cd <sup>+2</sup>	8	1.10	Cu <sup>+1</sup>	4	0.60	Gd <sup>+3</sup>	6	0.938

Ион	КЧ*	Радиус
Gd <sup>+3</sup>	8	1.053
Ge <sup>+2</sup>	6	0.73
Ge <sup>+4</sup>	4	0.39
Ge <sup>+4</sup>	6	0.53
Hf <sup>+4</sup>	4	0.58
Hf <sup>+4</sup>	6	0.71
Hf <sup>+4</sup>	8	0.83
Hg <sup>+1</sup>	6	1.19
Hg <sup>+2</sup>	2	0.69
Hg <sup>+2</sup>	4	0.96
Hg <sup>+2</sup>	6	1.02
Hg <sup>+2</sup>	8	1.14
Ho <sup>+3</sup>	6	0.901
Ho <sup>+3</sup>	8	1.015
Ho <sup>+3</sup>	10	1.12
I <sup>-1</sup>	6	2.20
In <sup>+3</sup>	4	0.62
In <sup>+3</sup>	6	0.80
In <sup>+3</sup>	8	0.92
Ir <sup>+3</sup>	6	0.68
Ir <sup>+4</sup>	6	0.625
Ir <sup>+5</sup>	6	0.57
K <sup>+1</sup>	6	1.38
K <sup>+1</sup>	8	1.51
K <sup>+1</sup>	10	1.59
K <sup>+1</sup>	12	1.64
La <sup>+3</sup>	6	1.032
La <sup>+3</sup>	8	1.16
La <sup>+3</sup>	10	1.27
La <sup>+3</sup>	12	1.36
Li <sup>+1</sup>	4	0.59
Li <sup>+1</sup>	6	0.76

Ион	КЧ*	Радиус
Li <sup>+1</sup>	8	0.92
Lu <sup>+3</sup>	6	0.861
Lu <sup>+3</sup>	8	0.977
Mg <sup>+2</sup>	4	0.57
Mg <sup>+2</sup>	6	0.72
Mg <sup>+2</sup>	8	0.89
Mn <sup>+2</sup>	8	0.96
Mn <sup>+2</sup>	4(BC)	0.66
Mn <sup>+2</sup>	5(BC)	0.75
Mn <sup>+2</sup>	6(BC)	0.83
Mn <sup>+2</sup>	6(HC)	0.67
Mn <sup>+3</sup>	6(BC)	0.645
Mn <sup>+3</sup>	6(HC)	0.58
Mn <sup>+4</sup>	4	0.39
Mn <sup>+4</sup>	6	0.53
Mn <sup>+5</sup>	4	0.33
Mn <sup>+6</sup>	4	0.255
Mn <sup>+7</sup>	4	0.25
Mn <sup>+7</sup>	6	0.46
Mo <sup>+3</sup>	6	0.69
Mo <sup>+4</sup>	6	0.65
Mo <sup>+5</sup>	4	0.46
Mo <sup>+5</sup>	6	0.61
Mo <sup>+6</sup>	4	0.41
Mo <sup>+6</sup>	6	0.59
N <sup>-3</sup>	4	1.46
Na <sup>+1</sup>	4	0.99
Na <sup>+1</sup>	6	1.02
Na <sup>+1</sup>	8	1.18
Na <sup>+1</sup>	12	1.39
Nb <sup>+3</sup>	6	0.72
Nb <sup>+4</sup>	6	0.68

Ион	КЧ*	Радиус
Nb <sup>+4</sup>	8	0.79
Nb <sup>+5</sup>	4	0.48
Nb <sup>+5</sup>	6	0.64
Nb <sup>+5</sup>	8	0.74
Nd <sup>+2</sup>	8	1.29
Nd <sup>+3</sup>	6	0.983
Nd <sup>+3</sup>	8	1.109
Nd <sup>+3</sup>	12	1.27
Ni <sup>+2</sup>	4	0.55
Ni <sup>+2</sup>	6	0.69
Ni <sup>+3</sup>	6(BC)	0.6
Ni <sup>+3</sup>	6(HC)	0.56
Ni <sup>+4</sup>	6(HC)	0.48
O <sup>-2</sup>	4	1.38
O <sup>-2</sup>	6	1.40
O <sup>-2</sup>	8	1.42
OH <sup>-1</sup>	2	1.32
OH <sup>-1</sup>	4	1.35
OH <sup>-1</sup>	6	1.37
Os <sup>+4</sup>	6	0.63
Os <sup>+5</sup>	6	0.575
Os <sup>+6</sup>	6	0.545
Os <sup>+7</sup>	6	0.525
Os <sup>+8</sup>	4	0.39
Pb <sup>+2</sup>	4	0.98
Pb <sup>+2</sup>	6	1.19
Pb <sup>+2</sup>	8	1.29
Pb <sup>+2</sup>	10	1.40
Pb <sup>+2</sup>	12	1.49
Pb <sup>+4</sup>	4	0.65
Pb <sup>+4</sup>	6	0.775
Pb <sup>+4</sup>	8	0.94

Ион	КЧ*	Радиус	Ион	КЧ*	Радиус	Ион	КЧ*	Радиус
Pd <sup>+2</sup>	4	0.64	Se <sup>-2</sup>	6	1.98	Tl <sup>+1</sup>	6	1.50
Pd <sup>+2</sup>	6	0.86	Sm <sup>+2</sup>	8	1.27	Tl <sup>+1</sup>	8	1.59
Pd <sup>+4</sup>	6	0.615	Sm <sup>+3</sup>	6	0.958	Tl <sup>+1</sup>	12	1.70
Pr <sup>+3</sup>	6	0.99	Sm <sup>+3</sup>	8	1.079	Tl <sup>+3</sup>	4	0.75
Pr <sup>+3</sup>	8	1.126	Sm <sup>+3</sup>	12	1.24	Tl <sup>+3</sup>	6	0.885
Pr <sup>+4</sup>	6	0.85	Sn <sup>+4</sup>	4	0.55	Tl <sup>+3</sup>	8	0.98
Pr <sup>+4</sup>	8	0.96	Sn <sup>+4</sup>	6	0.69	Tm <sup>+2</sup>	6	1.03
Pt <sup>+2</sup>	4	0.60	Sn <sup>+4</sup>	8	0.81	Tm <sup>+3</sup>	6	0.88
Pt <sup>+2</sup>	6	0.80	Sr <sup>+2</sup>	6	1.18	Tm <sup>+3</sup>	8	0.994
Pt <sup>+4</sup>	6	0.625	Sr <sup>+2</sup>	8	1.26	V <sup>+2</sup>	6	0.79
Ra <sup>+2</sup>	8	1.48	Sr <sup>+2</sup>	10	1.36	V <sup>+3</sup>	6	0.64
Ra <sup>+2</sup>	12	1.70	Sr <sup>+2</sup>	12	1.44	V <sup>+4</sup>	6	0.58
Rb <sup>+1</sup>	6	1.52	Ta <sup>+3</sup>	6	0.72	V <sup>+4</sup>	8	0.72
Rb <sup>+1</sup>	8	1.61	Ta <sup>+4</sup>	6	0.68	V <sup>+5</sup>	4	0.355
Rb <sup>+1</sup>	10	1.66	Ta <sup>+5</sup>	6	0.64	V <sup>+5</sup>	6	0.54
Rb <sup>+1</sup>	12	1.72	Ta <sup>+5</sup>	8	0.74	W <sup>+4</sup>	6	0.66
Re <sup>+4</sup>	6	0.63	Tb <sup>+3</sup>	6	0.923	W <sup>+5</sup>	6	0.62
Re <sup>+5</sup>	6	0.58	Tb <sup>+3</sup>	8	1.04	W <sup>+6</sup>	4	0.42
Re <sup>+6</sup>	6	0.55	Tb <sup>+4</sup>	6	0.76	W <sup>+6</sup>	6	0.6
Re <sup>+7</sup>	4	0.38	Tb <sup>+4</sup>	8	0.88	Y <sup>+3</sup>	6	0.9
Re <sup>+7</sup>	6	0.53	Tc <sup>+4</sup>	6	0.645	Y <sup>+3</sup>	8	1.019
Rh <sup>+3</sup>	6	0.665	Tc <sup>+7</sup>	4	0.37	Yb <sup>+2</sup>	6	1.02
Rh <sup>+4</sup>	6	0.6	Tc <sup>+7</sup>	6	0.56	Yb <sup>+2</sup>	8	1.14
Ru <sup>+3</sup>	6	0.68	Te <sup>+4</sup>	4	0.66	Yb <sup>+3</sup>	6	0.868
Ru <sup>+4</sup>	6	0.62	Te <sup>+4</sup>	6	0.97	Yb <sup>+3</sup>	8	0.985
Ru <sup>+5</sup>	6	0.565	Te <sup>-2</sup>	6	2.21	Zn <sup>+2</sup>	4	0.6
Ru <sup>+8</sup>	4	0.36	Ti <sup>+2</sup>	6	0.86	Zn <sup>+2</sup>	6	0.74
S <sup>-2</sup>	6	1.84	Ti <sup>+3</sup>	6	0.67	Zn <sup>+2</sup>	8	0.9
Sb <sup>+3</sup>	6	0.76	Ti <sup>+4</sup>	4	0.42	Zr <sup>+4</sup>	4	0.59
Sc <sup>+3</sup>	6	0.745	Ti <sup>+4</sup>	6	0.605	Zr <sup>+4</sup>	6	0.72
Sc <sup>+3</sup>	8	0.87	Ti <sup>+4</sup>	8	0.74	Zr <sup>+4</sup>	8	0.84

\* - КЧ – координационное число, ВС- высокоспиновое, НС – низкоспиновое состояние, 1Å = 10<sup>-8</sup>см