**Задание 1. «Химики меча и магии».**

В 2024 году исполняется 25 лет одной из самых популярных компьютерных стратегий в мире – «Герои меча и магии III». Сегодня, дорогой участник Всесибирской олимпиады, Вы посетите нагорья Бракады, удивительные земли, которые населяют маги и джинны. Бракада всегда славилась своими богатейшими россыпями самоцветов, пещерами кристаллов, шахтами, рудниками и прочими источниками ресурсов. К несчастью, эти месторождения постоянно прельщают ужасных алчных ржавых драконов, разоряющих всё на своём пути. Для защиты от них волшебники создают гарнизоны из стальных големов, но кислотное дыхание, изрыгаемое драконами, разъедает компоненты их доспехов и механизмов. Жозефине (герою-алхимику, специализирующемуся на големах) было поручено решить эту проблему, разработав драконостойких големов.



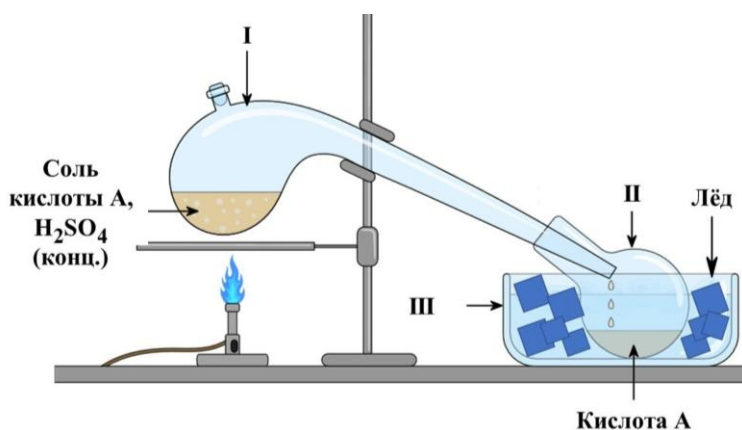
Первым делом Жозефина исследовала кислоту **A**, выплёвываемую драконом. При стоянии на свету колбы с образцом кислоты **A** раствор желтел вследствие появления в нем бурого газа [реакция 1]. Исследуемая кислота была подвергнута нейтрализации раствором натриевой щелочи с образованием соли **B** [2]. После этого раствор она упарила, а полученную соль **B** разложила нагреванием. В ходе разложения образовалась соль **B**, анион которой содержит 69,55% кислорода по массе [3]. При добавлении к соли **B** избытка водного раствора иодоводорода образуются газ **Г** и интенсивно окрашенный раствор буро-коричневого цвета, содержащий вещество **Д** [4]. Помимо основного процесса [3], при разложении соли **B** протекает параллельная реакция [5], в ходе которой в небольшом количестве образуется твёрдый оксид **Е**, водный раствор которого окрашивается при добавлении раствора фенолфталеина.

1. Установите формулы веществ **A-E**. Напишите уравнения реакций [1-5]. Какую окраску будет давать раствор **Е** в воде со следующими индикаторами: а) фенолфталеином; б) лакмусом; в) метилоранжем?
2. Рассчитайте массовую долю **A** в образце, полученном из дракона, если для полной нейтрализации 100 г этого раствора потребовалось 860 мл 0,75 моль/л раствора натриевой щелочи.

Для дальнейших экспериментов наша героиня решила сама приготовить кислоту **A**, для чего она собрала установку, изображённую на рисунке. В сосуд **I** она помещала смесь концентрированной серной кислоты и натриевую соль **A**. При нагревании смеси образовывались пары кислоты **A** [6], конденсат которых собирался в сосуде **II**.

3. Напишите уравнение реакции [6]. Приведите названия частей **I-III** изображённой установки.

Жозефина уже имела богатый опыт работы с кислотой **A**. В частности, она изучала её взаимодействие с основными ресурсами, представленными в игровой вселенной. Вам предоставлены фрагменты её лабораторного журнала, где описаны эксперименты с использованием концентрированной **A**. «Золото растворяла в царской водке [7]. Начала опыты с самоцветами, изумруд ( $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ) оказался устойчив к действию кислоты **A**, но растворился в плавиковой кислоте [8]. Раствор, полученный при взаимодействии кристаллов минерала родохрозита ( $\text{MnCO}_3$ ) и **A** [9], окисляла хлором в растворе гидроксида калия [10]. Серу кипятила в растворе сульфата натрия [11], полученную соль окисляла кислотой **A** [12]. Руда, состоящая в основном из магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), растворяется в кислоте **A** [13], продукт реакции реагирует с раствором иодида калия [14]. Взаимодействие ртути с избытком кислоты **A** [15] дало соль, водный раствор которой реагирует с дополнительным количеством ртути [16]. Выделенную из древесины целлюлозу ( $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$ ), подвергла воздействию смеси **A** и серной кислоты, получила пироксилин [17]».

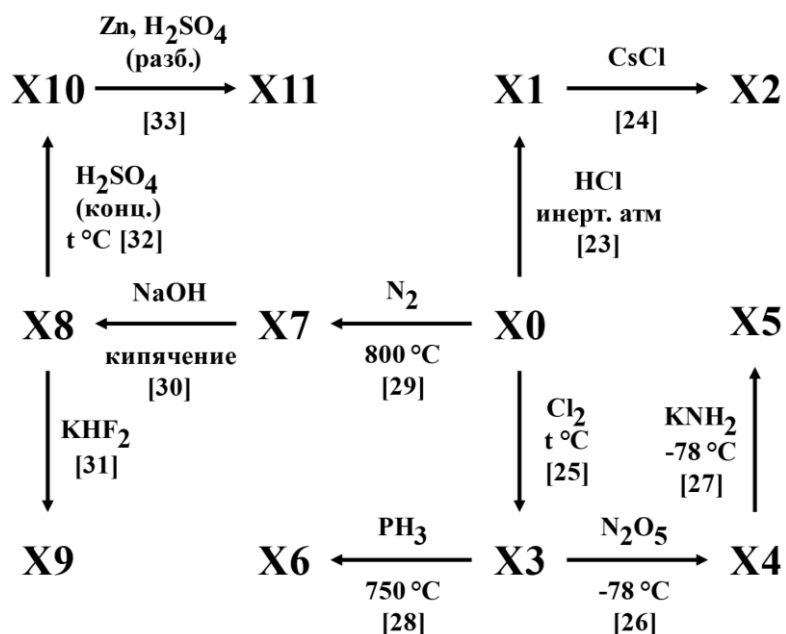


#### 4. Напишите уравнения реакций [7-17].

Долго размышляла над решением проблемы с големами героя. И вот, наконец, во время одной из прогулок по городу, взглядевшись в *заоблачный храм*, она воскликнула: «Конечно же, металл **X0**! Он превосходно пассивируется (становится не активным) под действием кислоты **A**!». Для металла **X0** характерно сочетание сравнительно малой плотности, высокой механической прочности и коррозионной стойкости, что делает его ценным конструкционным материалом. Основным источником элемента **X** на Земле служит минерал рутил ( $\omega(\text{O}) = 40,06\%$ ). Однако металлургические фабрики Бракады извлекают металл **X0** из минерала ильменита, искусственный аналог которого можно получить, спекая рутил и FeO в равном молярном соотношении [18]. На первой стадии переработки ильменита его спекают с углём в присутствии хлора [19], образуя хлориды, разделяют перегонкой. Для полной очистки газообразный хлорид **X**, содержащий примесный хлорид железа, пропускают через колонку, заполненную твёрдым хлоридом натрия, в результате чего образуется нелетучий продукт с тетраэдрическим анионом [20]. После разделения смеси, хлорид **X** восстанавливают магнием [21]. С целью дополнительной очистки металлический **X0** подвергают иодному рафинированию, для этого неочищенный **X0** нагревают с иодом, при этом образуется летучий высший иодид [22], который разлагается до металла на раскалённой проволоке.

#### 5. Установите формулу рутила и напишите название элемента **X**, которому соответствует простое вещество **X0**. Напишите уравнения реакций [18-22].

Вспомнив, насколько удивительна и разнообразна химия элемента **X**, Жозефина тут же составила схему превращений. На схеме представлено множество соединений **X**, часть из которых является ценными материалами или лабораторными реактивами. Известно, что вещества **X1**, **X3**, **X6** и **X7** бинарные (двухэлементные), а **X4** и **X5** – трёхэлементные. Элемент **X** находится в одинаковых степенях окисления в соединениях **X3**, **X4**, **X5**, **X8**, **X9** и **X10**. Катион соединения **X1** содержит один d-электрон. Вещество **X2** – единственный продукт реакции, в котором на один бинарный комплексный анион приходится три одинаковых катиона. Соединение **X3** – бесцветная жидкость, сильно дымящая на воздухе. **X4** и **X5** – трёхэлементные соединения. В реакции [26] образуется галогенангидрид. В реакции [28] образуется два фосфорсодержащих продукта: вещество **X6** ( $\omega(\text{P}) = 39,28\%$ ) и хлорид, щелочной гидролиз которого даёт соль двухосновной кислоты. В реакции [30] выделяются два газа, молекулярные массы которых относятся как 1:8,5. В состав **X10** входит двухзарядный катион, содержащий атом кислорода.



#### 6. Установите формулы веществ **X1-X11** и напишите уравнения реакций [23-33].

Литьё големов целиком из металла **X0** экономически нецелесообразно, поэтому Жозефина решила использовать нанесение этого металла на поверхность стали при помощи электролиза. Измерения показали, что площадь доспехов голема, на которые наносился **X0**, составляет  $3,0 \text{ м}^2$ . Жозефина проводила процесс в атмосфере аргона, разделив катодное и анодное пространства. В качестве электролита она использовала расплав одного из хлоридов **X** (**X12**,  $\omega(\text{Cl}) = 59,69\%$ ), получаемого взаимодействием **X0** и высшего хлорида **X**. В ходе реакции электролиза [34] на катоде, которым служили доспехи голема, выделился **X0**, а на инертном аноде выделился газ, занимающий 14,63 л при  $40^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении.

7. Установите формулу вещества **X12** и напишите уравнение реакции [34]. Вычислите массу **X0**, образовавшегося в ходе электролиза. Оцените толщину полученной плёнки **X0**. Катодный и анодный выходы примите равными 100%. Необходимые данные:  $\rho(\text{X0}) = 4,51 \text{ г/см}^3$ , закон Фарадея  $m = \frac{Q \cdot M}{z \cdot F}$ ,  $m$  – масса выделившегося на электроде вещества,  $Q$  – прошедший заряд,  $M$  – молярная масса иона,  $z$  – заряд иона,  $F = 96485 \text{ Кл/моль}$  – постоянная Фарадея, универсальная газовая постоянная  $R = 8,314 \text{ Дж/(Моль} \cdot \text{K)}$ .

За успешное выполнение задания король Гевин Магнус пожаловал Жозефине титул Герцогини Бракады, она снискала славу одного из величайших алхимиков своего времени, а её трактаты долгое время считались классическими трудами в алхимии.

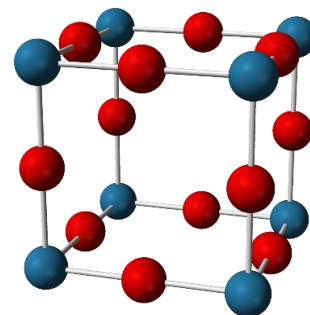
## Задание 2. «Недоверчивые авторы».

«Пятнадцатилетию задачи номер 5 посвящается»

«Один опыт я ставлю выше, чем тысячу мнений, рожденных только воображением»

М.В. Ломоносов

Около 15 лет назад один из студентов НГУ усомнился в достоверности информации о том, что металл **A** не реагирует с неким неметаллом в расплавленном состоянии. Прочитал он об этом в монографии М. Ситтига «**A**, его производство, свойства и применение» (Госатомиздат, Москва, 1961 г.). Стоит отметить, что сотрудники Института неорганической химии СО РАН, к которым студент обратился с этим вопросом, также поддержали его сомнения. Тем не менее, опыты, проведенные автором той самой «задачи № 5», подтвердили информацию из монографии, а результаты тех опытов составили основу задачи для заключительного этапа Всероссийской олимпиады школьников.

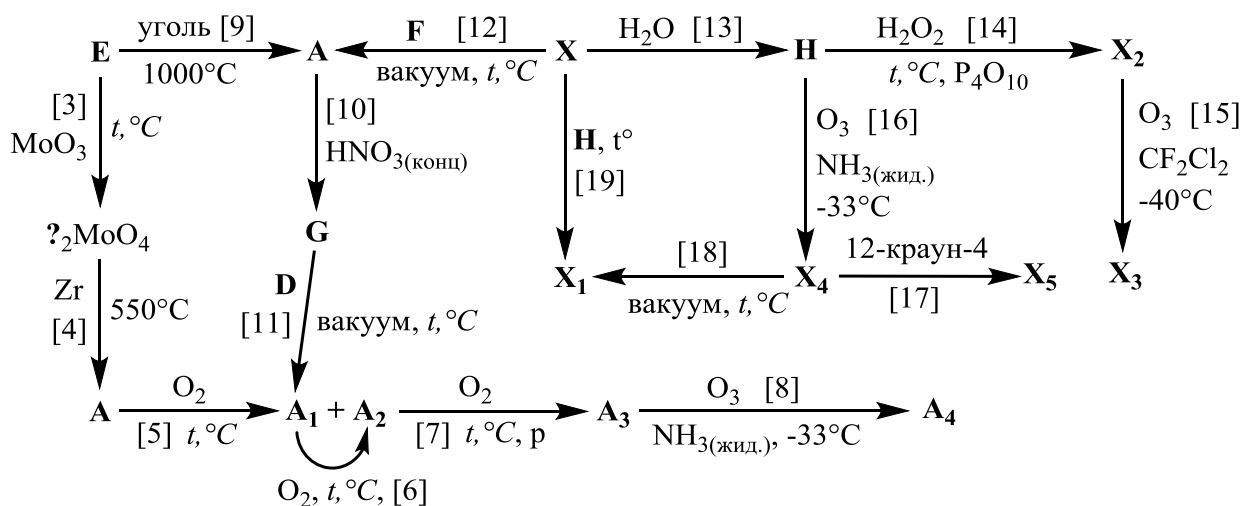


В той же монографии написано: «при обычных условиях **A** не реагирует с **В**. При повышенных же температурах **A** способен реагировать с **В**, давая два продукта реакции: **C** и **D**». Как и 15 лет назад, но теперь автор уже этой задачи усомнился в справедливости написанного и отправился искать более современную и достоверную информацию. Поразительно! Но **A** действительно реагирует (реакция [1]) со стократным избытком вещества **B**, образуя только вещество **C**, однако условия проведения реакции оказались гораздо экзотичнее, нежели указанные Ситтигом. Вещества **A** и **B** вводят в реакцию, осаждая их из газовой фазы на сапфировую подложку при  $-196^\circ\text{C}$ , пониженном давлении и при воздействии микроволновой плазмы. Образующееся красно-коричневое вещество **C** имеет металлический блеск и очень охотно разрушается парами воды с образованием аммиака [2]. Вещество **D** получают косвенным путем.

1. Напишите уравнения реакций [1], [2] и формулы веществ **A** – **D**, если известно, что при высокой температуре 1,00 г соли **D** необратимо разлагается с образованием 354 мг **A** и 517 мл (н. у.) газа **B**.

2. Какова роль микроволновой плазмы в синтезе этой соли? Как в лабораторных условиях можно достигнуть температуры синтеза  $-196^\circ\text{C}$ ?

Ниже представлена схема, иллюстрирующая получение некоторых сложных веществ. Элемент, образующий простое вещество **X**, находится в одной подгруппе ПС с элементом, образующим вещество **A**.



В реакции [5] вещество **A**<sub>1</sub> образуется в качестве примеси к основному продукту **A**<sub>2</sub>. Вещества **A**<sub>4</sub>, **X**<sub>4</sub> и **X**<sub>5</sub> содержат одинаковый анион, соединения **A**<sub>1</sub> – **A**<sub>4</sub> являются бинарными (двухэлементными) и имеют одинаковый качественный состав. Вещества **X**<sub>1</sub> – **X**<sub>3</sub> также являются бинарными и имеют одинаковый качественный состав, а **X**<sub>4</sub> и **X**<sub>5</sub> относятся к классу координационных соединений. Лиганд 12-краун-4 по своей структуре напоминает циклододекан C<sub>12</sub>H<sub>24</sub>. Известно, что **F** ( $\rho = 2,56 \text{ г/см}^3$ ) образует кубическую решетку (сторона куба равна 0,478 нм), где на всех гранях, вершинах и ребрах куба находится по 1 иону, а также один ион находится в центре куба.

В таблице дано массовое содержание некоторых элементов в нескольких соединениях.

Вещество	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>X</b> <sub>3</sub>	<b>X</b> <sub>4</sub>	<b>X</b> <sub>5</sub>	12-краун-4
Массовая доля, %	$\omega(\text{C}) = 11,32;$ $\omega(\text{O}) = 45,28$	$\omega(\text{F}) = 45,24$	$\omega(\text{O}) = 82,05$	$\omega(\text{N}) = 45,53$	$\omega(\text{C}) = 41,56;$ $\omega(\text{O}) = 48,48$	$\omega(\text{C}) = 54,55;$ $\omega(\text{O}) = 36,32$

3. Напишите формулы веществ **E** – **H**, **X**, **A**<sub>1</sub> – **A**<sub>4</sub>, **X**<sub>1</sub> – **X**<sub>5</sub> и уравнения реакций [3] – [19]. Почему вещество **A**<sub>4</sub>

оказалось довольно стабильным, а вот аналогичное соединение с элементом, образующим простое вещество **X**, не существует? Сравните стабильность комплексов **X<sub>4</sub>** и **X<sub>5</sub>**, ответ обоснуйте.

Одна из наиболее интересных особенностей простых веществ **A** и **X** – их легкая растворимость в жидком аммиаке с образованием ярко-синих растворов с необычными свойствами. Разбавленные растворы имеют высокую электропроводность и одинаковую синюю окраску, что говорит о присутствии одинаковых окрашивающих частиц **Z<sup>-</sup>**. При увеличении концентрации электропроводность раствора немного уменьшается, а затем резко возрастает, и раствор приобретает бронзовый цвет. Эту систему можно описать с помощью трех равновесий между пятью сольватированными аммиаком (индекс **am**) частицами: **Z<sup>-</sup><sub>am</sub>**, **M<sup>+</sup><sub>am</sub>**, **M<sup>+</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub>**, **Z<sup>-</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub>** и **M<sup>+</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub>**.

4. Укажите тип магнетизма (диамагнетик, парамагнетик, ферромагнетик или ферримагнетик) очень разбавленных, разбавленных и концентрированных аммиачных растворов **A**. Объясните наблюдаемое изменение электропроводности при увеличении концентрации **A**. Рассчитайте доли форм всех частиц, которые находятся в растворе с минимальной электропроводностью. **M<sup>+</sup><sub>am</sub> + Z<sup>-</sup><sub>am</sub> ⇌ M<sup>+</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub>**,  $K_1 = 100$ ;

**M<sup>+</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub> + Z<sup>-</sup><sub>am</sub> ⇌ M<sup>+</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub>**,  $K_2 = 1000$ , **Z<sup>-</sup><sub>am</sub> + Z<sup>-</sup><sub>am</sub> ⇌ Z<sup>-</sup><sub>am</sub>·Z<sup>-</sup><sub>am</sub>**,  $K_3 = 5000$ .

### Задание 3. «Квантовые точки».

Нобелевскую премию по химии в 2023 г. присудили Алексею Екимову, Мунги Бавенди и Луису Брюсу за открытие и исследование квантовых точек. Квантовые точки представляют собой кристаллические частицы размерами в несколько нанометров, которые имеют свойства полупроводников и применяются для создания дисплеев QLED, а также очень перспективны для использования в клеточной биологии и медицине.

Большой интерес для науки представляет получение квантовых точек на основе соединений элемента **X**. Потребность в соединениях данного элемента, существование которого предсказал еще Д.И. Менделеев, существенно выросла за последние 30 лет. Так, мировое потребление **X** в 2023 г. составило около 100 тонн. Вещества, содержащие элемент **X**, играют важную роль в электронике, так как используются в промышленности для изготовления полупроводников.

Ученые Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской Академии Наук работают над синтезом квантовых точек на основе бинарного (двухэлементного) соединения **G**, которое содержит 83,33% **X** по массе и является одним из самых эффективных современных полупроводников.

Помимо использования в качестве полупроводниковых материалов соединения элемента **X** применяются и в других областях. Например, малотоксичный сплав, содержащий элемент **X**, индий и олово, является отличной альтернативой ртути при изготовлении бытовых термометров. Средняя молекулярная масса такого сплава составляет 80 г/моль, содержание элементов по массе следующее:  $\omega(\text{X}) = 68,5\%$ ,  $\omega(\text{In}) = 21,5\%$ ,  $\omega(\text{Sn}) = 10\%$ .

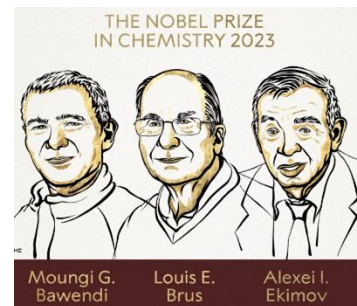
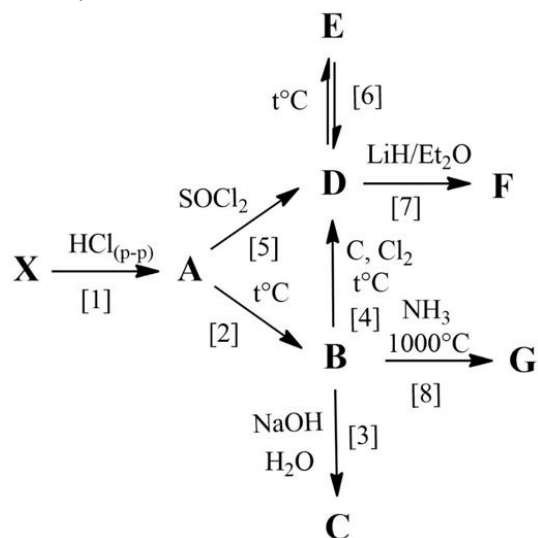
1. Установите элемент **X** и формулу вещества **G**. Ответы подтвердите расчетом. Укажите название сплава, если известно, что оно состоит из первых слогов латинских названий входящих в него элементов в порядке упоминания их в тексте задачи.

Интересной особенностью свойств как простого вещества, так и соединений, содержащих в своем составе элемент **X**, является их аналогия с изоструктурными соединениями элемента **Z**. Стоит отметить, что изначально, на основании Периодического закона, Д.И. Менделеев дал элементу **X** название, в котором содержалось название элемента **Z**.

2. Укажите название элемента **Z**, а также название элемента **X**, данное ему Д.И. Менделеевым.

Справа представлена схема превращений веществ **A-G**, содержащих элемент **X** в одинаковой степени окисления. Про схему превращений дополнительно известно:

- веществом **X** обозначено простое вещество, образованное элементом **X**;
- **A** – кристаллогидрат, полученный после испарения раствора **X** в соляной кислоте, содержащий 37,96% воды по массе;
- соединения **B**, **D**, **E**, **G** – бинарные (двухэлементные);
- соединение **D** может использоваться в качестве катализатора в реакциях Фриделя-Крафтса, т.к. является акцептором электронных пар (кислотой Льюиса). Именно за счет вакантной орбитали атома элемента **X** и неподеленных электронных пар на атомах хлора вещество **D** существует в газовой фазе в виде димера **E**;
- Вещество **F** может применяться в качестве сильного восстановителя в органическом синтезе.



3. Расшифруйте схему превращений (вещества **A-G**). Напишите уравнения реакций [1-8]. Изобразите строение молекул димера **E**.

Одной из интересных особенностей простого вещества **X** является его легкоплавкость – **X** плавится даже в ладони от тепла рук! При этом, в отличие, например, от ртути, давление насыщенных паров над твердым и жидким **X** крайне мало. Именно благодаря этому факту вещество **X** можно хранить в открытых сосудах.

В случае фазового перехода из конденсированного (твердого или жидкого) состояния в парообразное, уравнение Клаузиуса-Клапейрона, связывающее давление насыщенных паров при различных температурах, принимает следующий вид:

$$\ln \frac{p_1}{p_2} = \frac{\Delta H_{ф.н.}}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right),$$

где  $p_1$  и  $p_2$  - давления насыщенных паров вещества над его конденсированным (жидким или твердым) состоянием при температурах  $T_1$  (К) и  $T_2$  (К) соответственно,  $\Delta H_{ф.н.}$  – энтальпия фазового перехода (Дж/моль),  $R$  – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/(моль·К)).

4. Укажите знаки величин (положительная «+», отрицательная «-») следующих энтальпий фазового перехода: плавление, сублимация, испарение, конденсация. Грубо (с погрешностью  $\pm 10^\circ\text{C}$ ) оцените температуру плавления вещества **X**, исходя из вышесказанной информации.

5. Дайте определение понятиям «температура кипения» и «температура сублимации».

При проведении измерения давления насыщенного пара вещества **X** при двух разных температурах были получены следующие данные:

Температура (°C)	Давление (мм рт. ст.)
1500	4,144
2100	427,6

6. Рассчитайте давление (в Па) насыщенных паров вещества **X** над жидким **X** при данных температурах при условии, что плотность ртути равна  $13,5 \text{ г/см}^3$ , а ускорение свободного падения равно  $9,8 \text{ м/с}^2$  ( $p = \rho gh$ ).

7. Рассчитайте энтальпию испарения вещества **X** (в Дж/моль). Определите его температуру кипения при атмосферном давлении.

Однако уравнение, приведенное выше, не может быть использовано для описания фазового перехода типа «твердое  $\rightarrow$  жидкое», например, процесса плавления. Для описания такого процесса используют следующее уравнение, которое также является одной из интегральных форм уравнения Клаузиуса-Клапейрона:

$$p_2 - p_1 = \frac{\Delta H_{ф.н.}}{\Delta V_{ф.н.}} \ln \frac{T_2}{T_1},$$

где  $p_1$  (Па) и  $p_2$  (Па) – давления, которые оказаны на вещество в жидком или твердом состоянии,  $T_1$  (К) и  $T_2$  (К) – температуры плавления вещества при давлениях  $p_1$  и  $p_2$ , соответственно,  $\Delta H_{ф.н.}$  – энтальпия фазового перехода (Дж/моль),  $\Delta V_{ф.н.}$  - изменение мольного объема в результате фазового перехода ( $\text{м}^3/\text{моль}$ ). Мольный объем – это объем, который занимает 1 моль вещества. Так, например, в случае любых идеальных газов (при н.у.) мольный объем для всех один –  $0,0224 \text{ м}^3/\text{моль}$ , однако в случае твердых и жидких веществ такой тенденции не наблюдается – для каждого твердого и жидкого вещества есть свой уникальный мольный объем.

8. Рассчитайте изменение мольного объема при плавлении вещества **X**. Известно, что плотность этого вещества в жидком состоянии составляет  $6,1 \text{ г/см}^3$ , а в твердом –  $5,91 \text{ г/см}^3$ .

Несмотря на то, что приведенное выше уравнение кажется сложным и громоздким, с его следствиями мы не раз сталкивались зимой, катаясь на коньках. Важно понимать, что, катаясь, мы скользим не по льду, а по тонкой прослойке жидкой воды. Данное явление также можно объяснить, используя уравнение Клаузиуса-Клапейрона для плавления.

Помимо изменения энтальпии фазового перехода  $\Delta H_{ф.н.}$ , существует не менее интересный и фундаментальный физико-химический параметр фазовых переходов – изменение энтропии фазового перехода  $\Delta S_{ф.н.}$  (Дж/(моль·К)). По сути своей энтропия – это мера хаотичности системы: чем более хаотична и разупорядочена система, тем более высока по абсолютному значению энтропия.

9. Укажите знаки величин (положительная «+», отрицательная «-») следующих энтропий фазового перехода: плавление, сублимация, испарение, конденсация.

Для связи значений изменения энтропии и энтальпии существует еще один физико-химический параметр – изменение энергии Гиббса  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ . При этом в условии химического равновесия значение изменения энергии Гиббса равно 0 Дж/моль.

10. Оцените численное значение изменения энтропии в процессе кипения вещества **X** при атмосферном давлении. Оцените численное значение температуры плавления **X** при атмосферном давлении ( $\Delta H_{пл} = 5,59 \text{ кДж/моль}$ ,  $\Delta S_{пл} = 18,39 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ ).

11. Используя уравнение Клаузиуса-Клапейрона для плавления, найденную температуру плавления **X** при атмосферном давлении и энтальпию плавления, рассчитайте, сможет ли школьник при нарезке ножом расплавить вещество **X** (изменение температуры плавления **X**), по аналогии с плавлением льда под давлением лезвия конька. Дополнительная информация: площадь соприкосновения лезвия ножа с бруском **X** 5 мм<sup>2</sup>, средняя сила, которую школьник может приложить, 350 Н (с учетом атмосферного давления).

**Задание 4. «Задача на острую тему»**

«– Вы помните, какой был вкус у Пряности, когда вы попробовали её в первый раз?»

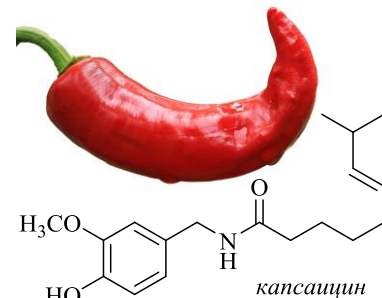
– Она напоминала корицу.

– Но вкус ни разу не повторялся, – заметил Юэ.

– Она как жизнь – каждый раз предстает в новом обличье.»

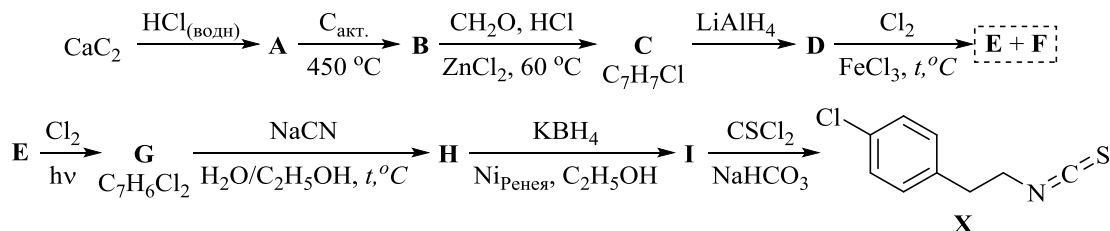
Ф. Герберт. «Дюна»

В кухнях разных народов по всему миру распространено использование пряностей на основе плодов стручковых перцев (род *Capsicum*). За характерный жгучий вкус перцев в основном ответственен **капсаицин** (а также ряд структурно родственных ему веществ). Когда молекула капсаицина связывается с тепловым рецептором TRPV1, в мозг поступает сигнал, аналогичный ощущению жжения.



В 1994 году британскими учёными было получено вещество, названное ими «**капсазепин**». Его особенность заключается в том, что его молекулы способны связываться с рецептором TRPV1 эффективнее, чем молекула капсаицина, однако при этом рецептор не активируется. Таким образом, **капсазепин** блокирует тепловые рецепторы, что позволяет человеку не ощущать жгучий вкус острой пищи. Увы, сам **капсазепин** также обладает крайне неприятным и стойким вкусом (*выводы сделайте сами!*).

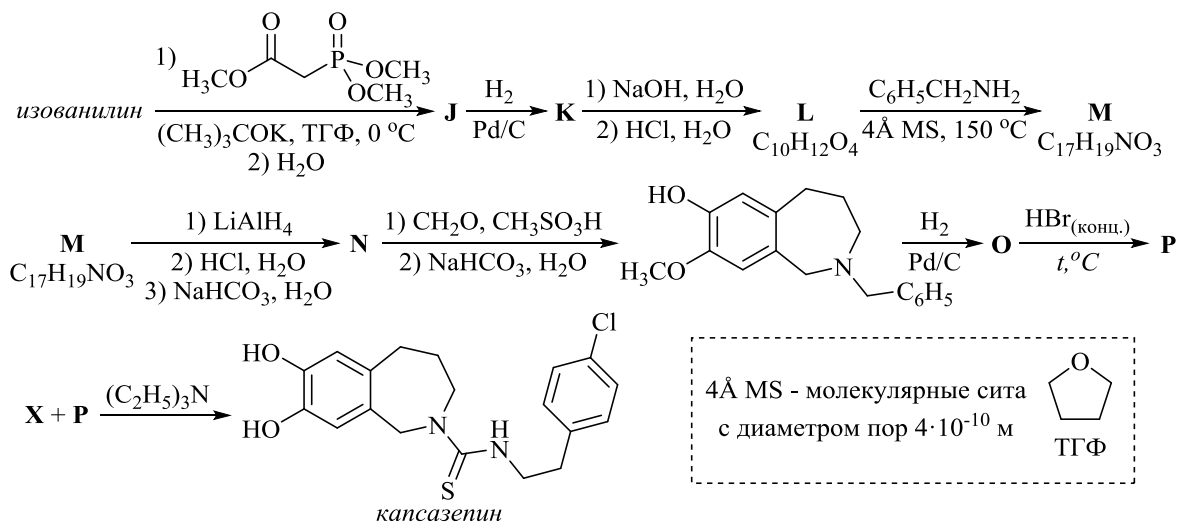
Для синтеза **капсазепина** необходимо использовать вещество **X**. Схема его получения приведена ниже.



1. Изобразите структурные формулы веществ **A – I**. Имейте в виду, что в ходе реакции **D → E + F** образуется два изомерных продукта **E** и **F**, из них в дальнейшие превращения вводят только **E**.

2. Никель Ренея ( $\text{Ni}_{\text{Ренея}}$ ) представляет собой мелкодисперсный порошок никеля. Кратко опишите способ получения никеля Ренея из любых неорганических реагентов и напишите уравнение реакции.

Синтез **капсазепина** можно осуществить исходя из вещества **изованилина** (название по ИЮПАК – 3-гидрокси-4-метоксibenзальдегид). Ниже приведена схема синтеза **капсазепина**.

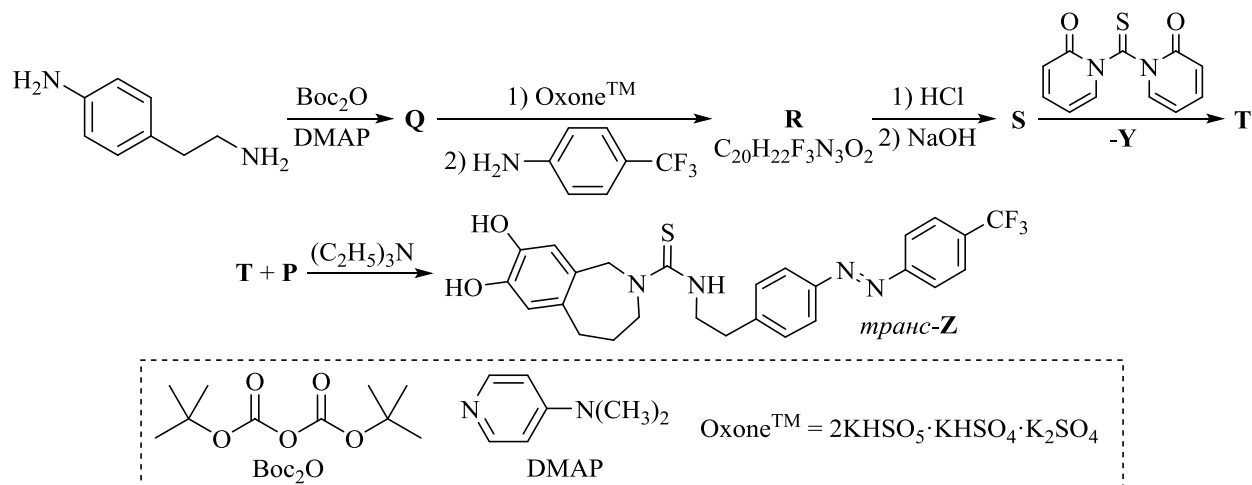


4Å MS - молекулярные сита с диаметром пор  $4 \cdot 10^{-10}$  м  
ТГФ

3. Изобразите структурные формулы **изованилина** и веществ **J – P**. Первая стадия на данной схеме представляет собой реакцию Хорнера-Уодсворта-Эммонса; в её результате образуется  $\alpha,\beta$ -ненасыщенный сложный эфир **J** (не содержит атомов фосфора). При получении вещества **O** также образуется и вещество **D**.

4. При проведении реакции  $L \rightarrow M$  реагенты смешивают с молекулярными ситами  $4\text{\AA}$  MS (они представляют собой шарики кристаллических алюмосиликатов, характеризующихся точным и однородным размером пор). Как Вы думаете, для чего в этой реакции используются молекулярные сита  $4\text{\AA}$  MS?

Позднее был получен ряд веществ, аналогичных *капсазепину*. Среди них можно выделить вещество **Z**, особенностью которого является тот факт, что разные его формы оказывают на рецептор TRPV1 разное действие. В *транс*-форме (*транс-Z*) оно является *антагонистом* рецептора (т.е., подобно *капсазепину*, связывается с ним, но не активирует его), а в *цис*-форме (*цис-Z*) оно является *агонистом* (т.е. связывается с рецептором TRPV1 и активирует его). Интересно, что одну форму можно превратить в другую посредством облучения светом (360-440 нм). Схема синтеза **Z** приведена ниже.



5. Изобразите структурные формулы веществ **Q** – **T** и **Y**. Нарисуйте также структурную формулу *цис-Z*. В реакции  $Q \rightarrow R$  смесь неорганических солей *Oxone*<sup>TM</sup> используется для окисления аминогруппы. Вещество **Y** образуется из производного тиомочевины в мольном соотношении к **T** как 2 : 1.