



**Комплект задач**  
**IV онлайн олимпиады Pagodane**

10-12 классы

8 сентября 2019

## Регламент олимпиады

На выполнение олимпиады Вам дается 4 часа. Начало олимпиады: 13:00 по времени Нур-Султана, конец олимпиады 17:00. По завершении, ваши решения необходимо отправить на [chem1012@pagodane.kz](mailto:chem1012@pagodane.kz)

### Инструкция по выполнению и оформлению:

Выполнять задания Вы можете в любом порядке, при этом **необходимо**

- Оформлять каждую задачу на отдельном листе
- Вверху листа писать номер задачи, но при этом **запрещается** писать ваше имя, фамилию, инициалы или какие-либо другие личные идентификаторы
- Если решение задачи требует больше одного листа, то в конце страницы следует написать (Продолжение задачи номер \_\_ на следующей странице). При этом вверху следующей страницы необходимо пометить, что это является продолжением определенной задачи
- **Рекомендуется** придерживаться понятного и разборчивого подчерка, избегать грязи и зачеркиваний

### Инструкции по отправке решений:

Необходимо завершить выполнение заданий не позднее 17:00 по времени Нур-Султана. По окончании работы, сфотографируйте или по возможности отсканируйте ваши решения (убедитесь, что ваше решение видно **четко и разборчиво**). Решения, отправленные после 17:20, рассматриваться **не будут**.

Файлы с решением отправьте на почту [chem1012@pagodane.kz](mailto:chem1012@pagodane.kz). В теме письма **необходимо** указать фамилию, имя и класс обучения. В тексте письма укажите свой никнейм на Pagodane, школу и город.

Например:

*Тема: «Туленов Алдияр, 9 класс»;*

*Текст: «никнейм: diyar\_chemist; школа – 2 лицей, г. Костанай».*

## Памятка участнику:

- Из канцелярских принадлежностей **разрешаются**: карандаши, ручки, ластик, линейка.
- **Разрешается** пользоваться калькулятором (простым, инженерным, графическим), периодической таблицей (на пятой странице) и таблицей растворимости.
- Ответы **следует** округлять до четырех значащих цифр.
- **Строго запрещается** пользоваться помощью посторонних людей и дополнительной литературой, включая интернет-источники и учебные пособия.
- Попытки списывания и нарушения академической честности будут наказаны **баном** на Pagodane сроком на год.

Результаты будут оглашены в течение недели после завершения олимпиады.

При наличии вопросов по проведению олимпиады следует также писать на почту [contact@pagodane.kz](mailto:contact@pagodane.kz) или в официальные аккаунты соц. сетей BEYOND CURRICULUM

## **Организаторы, составители задач и жюри олимпиады:**

- Тайшыбай Айдын, студент NU, НИШ ХБН Петропавловск'19
- Черданцев Владислав, ученик 11 класса школы-лицея №8 г. Павлодара
- Мельниченко Даниил, студент KAIST, НИШ ХБН Павлодар'19
- Нурпейсов Олжас, студент KAIST, БИЛ Караганды'19
- Турсын Нуржан, студент PTE, БИЛ Павлодар'19
- Моргунов Антон, студент MIT

**Желаем успехов!**

## Данный комплект состоит из 6 задач:

Задача 1. На атом сел, должен был электрон отдать.....	6
Задача 2. Антисептик.....	7
Задача 3. Эреморфила Митчелла.....	8
Задача 4. Азот и термодинамика его соединений .....	9
Задача 5. Кинетика гидрирования фосфора .....	10
Задача 6. Гидролиз аденозинтрифосфата .....	11

Номер задачи	Максимальный балл за задачу	Вес задачи
1	4	12%
2	9	15%
3	7	19%
4	30	19%
5	12	18%
6	11	17%

### Что означает эта таблица?

Исходя из этой таблицы Вы можете видеть, что каждая задача имеет свой удельный вес. То есть, один балл одной задачи не эквивалентен одному баллу другой задачи. Внутри каждой задачи подсчитывается ваш балл, согласно разбалловке составителя, затем по пропорции находится ваш окончательный балл за задачу.

Удельный вес каждой задачи согласован каждым членом жюри.

# Периодическая таблица

1 <b>H</b> 1.008	2											13	14	15	16	17	2 <b>He</b> 4.003
3 <b>Li</b> 6.94	4 <b>Be</b> 9.01											5 <b>B</b> 10.81	6 <b>C</b> 12.01	7 <b>N</b> 14.01	8 <b>O</b> 16.00	9 <b>F</b> 19.00	10 <b>Ne</b> 20.18
11 <b>Na</b> 22.99	12 <b>Mg</b> 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 <b>Al</b> 26.98	14 <b>Si</b> 28.09	15 <b>P</b> 30.97	16 <b>S</b> 32.06	17 <b>Cl</b> 35.45	18 <b>Ar</b> 39.95
19 <b>K</b> 39.10	20 <b>Ca</b> 40.08	21 <b>Sc</b> 44.96	22 <b>Ti</b> 47.87	23 <b>V</b> 50.94	24 <b>Cr</b> 52.00	25 <b>Mn</b> 54.94	26 <b>Fe</b> 55.85	27 <b>Co</b> 58.93	28 <b>Ni</b> 58.69	29 <b>Cu</b> 63.55	30 <b>Zn</b> 65.38	31 <b>Ga</b> 69.72	32 <b>Ge</b> 72.63	33 <b>As</b> 74.92	34 <b>Se</b> 78.97	35 <b>Br</b> 79.90	36 <b>Kr</b> 83.80
37 <b>Rb</b> 85.47	38 <b>Sr</b> 87.62	39 <b>Y</b> 88.91	40 <b>Zr</b> 91.22	41 <b>Nb</b> 92.91	42 <b>Mo</b> 95.95	43 <b>Tc</b> -	44 <b>Ru</b> 101.1	45 <b>Rh</b> 102.9	46 <b>Pd</b> 106.4	47 <b>Ag</b> 107.9	48 <b>Cd</b> 112.4	49 <b>In</b> 114.8	50 <b>Sn</b> 118.7	51 <b>Sb</b> 121.8	52 <b>Te</b> 127.6	53 <b>I</b> 126.9	54 <b>Xe</b> 131.3
55 <b>Cs</b> 132.9	56 <b>Ba</b> 137.3	57-71	72 <b>Hf</b> 178.5	73 <b>Ta</b> 180.9	74 <b>W</b> 183.8	75 <b>Re</b> 186.2	76 <b>Os</b> 190.2	77 <b>Ir</b> 192.2	78 <b>Pt</b> 195.1	79 <b>Au</b> 197.0	80 <b>Hg</b> 200.6	81 <b>Tl</b> 204.4	82 <b>Pb</b> 207.2	83 <b>Bi</b> 209.0	84 <b>Po</b> -	85 <b>At</b> -	86 <b>Rn</b> -
87 <b>Fr</b> -	88 <b>Ra</b> -	89-103	104 <b>Rf</b> -	105 <b>Db</b> -	106 <b>Sg</b> -	107 <b>Bh</b> -	108 <b>Hs</b> -	109 <b>Mt</b> -	110 <b>Ds</b> -	111 <b>Rg</b> -	112 <b>Cn</b> -	113 <b>Nh</b> -	114 <b>Fl</b> -	115 <b>Mc</b> -	116 <b>Lv</b> -	117 <b>Ts</b> -	118 <b>Og</b> -

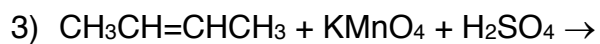
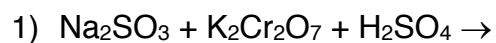
57 <b>La</b> 138.9	58 <b>Ce</b> 140.1	59 <b>Pr</b> 140.9	60 <b>Nd</b> 144.2	61 <b>Pm</b> -	62 <b>Sm</b> 150.4	63 <b>Eu</b> 152.0	64 <b>Gd</b> 157.3	65 <b>Tb</b> 158.9	66 <b>Dy</b> 162.5	67 <b>Ho</b> 164.9	68 <b>Er</b> 167.3	69 <b>Tm</b> 168.9	70 <b>Yb</b> 173.0	71 <b>Lu</b> 175.0
89 <b>Ac</b> -	90 <b>Th</b> 232.0	91 <b>Pa</b> 231.0	92 <b>U</b> 238.0	93 <b>Np</b> -	94 <b>Pu</b> -	95 <b>Am</b> -	96 <b>Cm</b> -	97 <b>Bk</b> -	98 <b>Cf</b> -	99 <b>Es</b> -	100 <b>Fm</b> -	101 <b>Md</b> -	102 <b>No</b> -	103 <b>Lr</b> -



## Задача 1. На атом сел, должен был электрон отдать

---

Уравняйте окислительно-восстановительные реакции удобным Вам методом баланса:

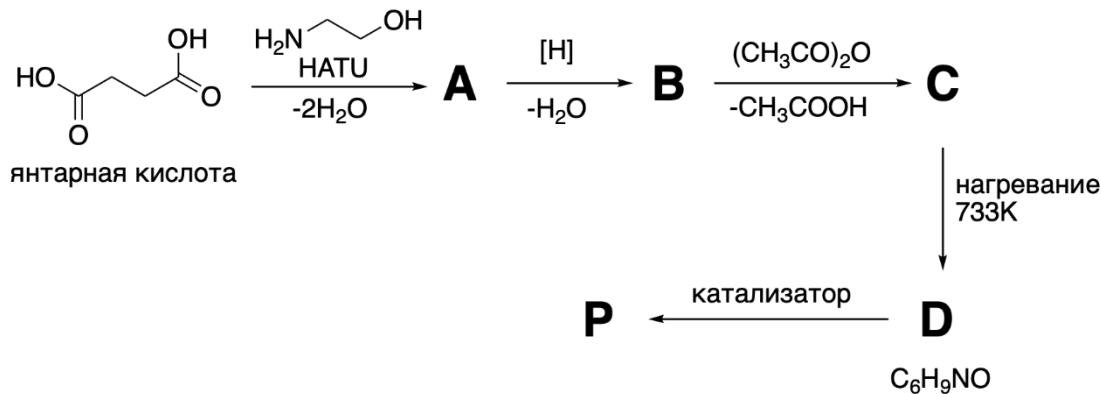


**[по 1 баллу за реакции 1-4. Всего 4 балла]**

## Задача 2. Антисептик

Вещество **Y** является кожным антисептиком, который находит себе очень широкое применение. Антисептик состоит из йода и раствора полимера **X**. Ниже указано два пути синтеза **X** из янтарной кислоты и бутиролактона.

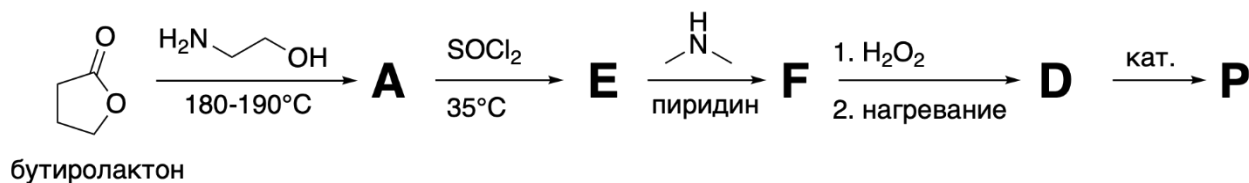
### 1 синтез



Примечание к цепочке:

- HATU – катализатор образования пептидной связи -CO-NH-

### 2 синтез



Примечание к цепочке:

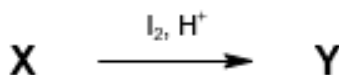
- Пиридин на третьей стадии выступает в роли катализатора

- 1) Определите структуры A-D, X из первого синтеза
- 2) Определите структуры E-F из второго синтеза

**[по 1 баллу за каждую структуру. Всего – 7 баллов]**

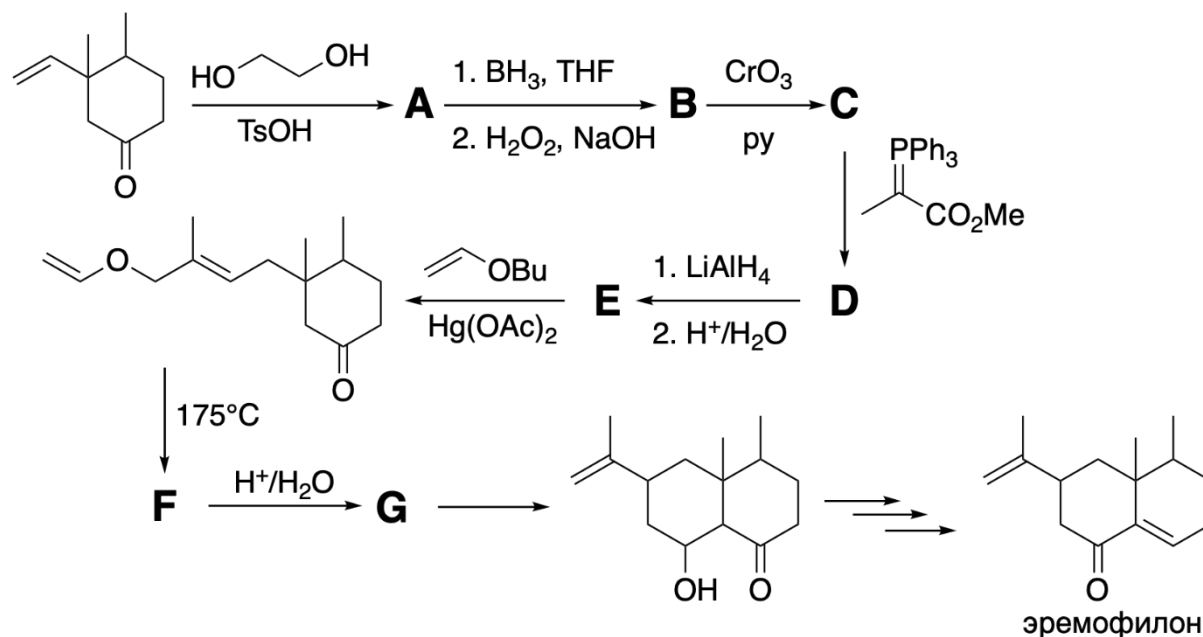
Само комплексное вещество **Y**, которое образуется при реакции йода и **X**, является тем самым активным веществом в антисептике. Благодаря своему большому размеру, **Y** не проникает в биологические барьеры. В раствор также добавляют некоторое количество иодид ионов для растворения самого йода. В реакцию образования одной комплексной молекулы вступает растворенный йод, 2 звена из **X** и один протон. Известно, что в структуре **Y** присутствует две водородные связи.

- 3) Изобразите структуру комплексного соединения **Y**, которое присутствует в растворе бетадина **[2 балла]**



### Задача 3. Эреморфила Митчелла

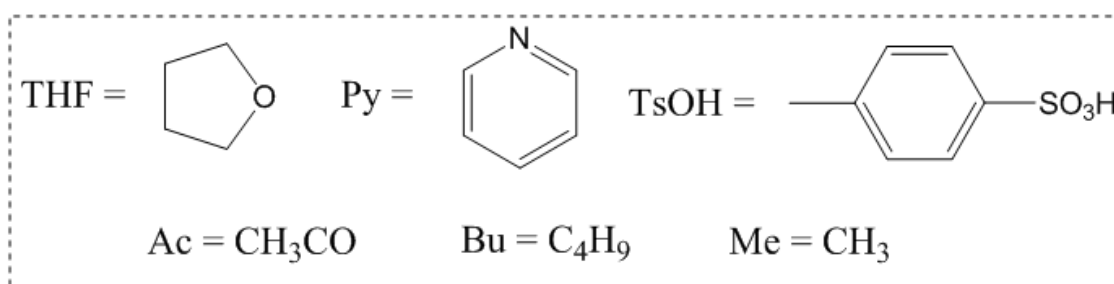
Эреморфила Митчелла (*Eremophila Mitchellii Benth.*) - кустарник родом из Австралии. Известен также под названием бастард-сандал, очень похожим на *Santalum lanceolatum* и часто ошибочно принимается за сандаловое дерево. Кустарник весной обильно дает ароматные цветки с очень сильным запахом. Его масло, которое получают паровой дистилляцией измельченных веток этого кустарника с выходом 2-3%, - вязкое, темно-окрашенное, с приятным характерным запахом. В состав масла входят несколько сесквитерпеновый кетонов, включая **эремофилон**. В рамках данной задачи рассмотрим синтез этого кетона.



Примечания:

- Стадия 6 (превращение **E** в последующий продукт) протекает через многоступенчатый механизм и приводит к образованию винилэфиров из спиртов.
- Стадия 7 (получение **F**) является сигматропной перегруппировкой Клайзена

Пояснение к цепочке: THF – распространенный органический растворитель, пиридин выполняет вспомогательную роль для  $\text{CrO}_3$ , TsOH – выступает в роли кислоты



1. Установите и изобразите структуры A-G

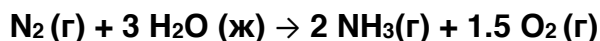
[По 1 баллу за каждую структуру. Всего – 7 баллов]



## Задача 4. Азот и термодинамика его соединений

(А)

Существует довольно интересный способ получения аммиака - электролизом смеси азот/вода в присутствии подходящего катализатора, как показано ниже

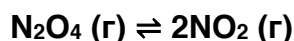


1. Напишите уравнения происходящих полуреакций, а также определите на каком электроде будет выделяться аммиак **[4 балла]**
2. Рассчитайте электрический потенциал, а также  $\Delta G^\circ$  для данной реакции, учитывая, что  $E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1.23 \text{ В}$ ,  $E^\circ(\text{N}_2/\text{NH}_3) = 0.28 \text{ В}$  **[4 балла]**
3. Одна из таких ячеек проработала 3000 с при силе тока 1.20А и произвела  $1.05 \times 10^{-3}$  моль аммиака. Рассчитайте КПД (выход по току от теоретически возможного) такой ячейки **[5 баллов]**



(В)

Изучалось равновесие следующей реакции



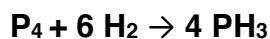
Два одинаковых герметичных сосуда при разных температурах - 298К и 348К - заполнили  $\text{N}_2\text{O}_4$  так, что в обоих сосудах давление газа было равно 1 бар. Равновесное давление после окончания реакции было равно 1.21 бар при 298К и 1.93 бар при 348К

1. Выразите константу равновесия данной реакции через парциальные давления газов. **[3 балла]**
2. Рассчитайте парциальные давления газов при двух температурах, а также константы равновесия при этих температурах **[8 баллов]**
3. Рассчитайте изменение энтальпии и энтропии для данной реакции, учитывая, что они не зависят от температуры **[6 баллов]**

Указание:  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -RT \cdot \ln K = -nFE$

## Задача 5. Кинетика гидрирования фосфора

Рассмотрим следующую реакцию:



Изучение скорости данной реакции проводилось при 298K. Результаты, полученные в ходе эксперимента, представлены в таблице:

[P <sub>4</sub> ], mol/L	[H <sub>2</sub> ], mol/L	Initial Rate, mol/(L · s)
0.0110	0.0075	3.20 × 10 <sup>-4</sup>
0.0110	0.0150	6.40 × 10 <sup>-4</sup>
0.0220	0.0150	6.39 × 10 <sup>-4</sup>

- 1) Определите порядок по фосфору и водороду [2 балла]
- 2) Напишите выражение скорости данной реакции [2 балла]
- 3) Определите значение и единицу измерения константы скорости для данной реакции [4 балла]

В следующем эксперименте, за скоростью гидрирования фосфора наблюдали при температуре 450K и определили, что значение константы скорости составляет 0.134

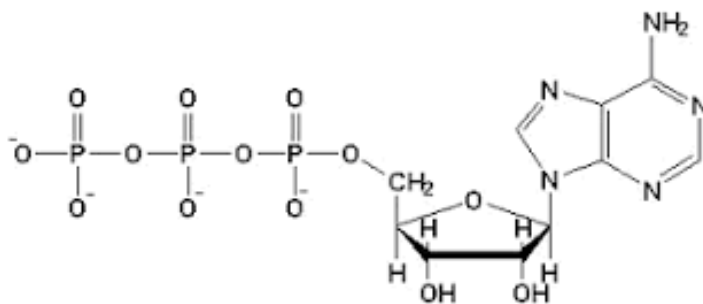
- 4) Вычислите энергию активации реакции [4 балла]



## Задача 6. Гидролиз аденозинтрифосфата

АТФ – одна из наиболее важных молекул в нашем организме. Благодаря этой молекуле, клетки живых организмов имеют достаточное количество энергии для осуществления химических реакций, необходимых для жизнедеятельности клеток, тканей, органов и целых систем органов.

Энергетическая значимость АТФ проявляется в реакции гидролиза аденозинтрифосфата. Изменение свободной Энергии Гиббса  $dG^0$  при стандартных биохимических условиях составляет  $-30.5$  кДж/моль



Аденозинтрифосфат (АТФ)



- 1) Укажите высокоэнергетические связи в молекуле АТФ [2 балла]
- 2) Напишите механизм реакции гидролиза АТФ и укажите продукты реакции [3 балла]
- 3) Объясните спонтанность протекания гидролиза АТФ с точки зрения изменения энтропии [3 балла]

Ниже представлены данные о концентрациях АТФ, АДФ и неорганического фосфата в **ммоль/л** в крысиных гепатоцитах (специализированные клетки) при  $37^{\circ}\text{C}$

АТФ	АДФ	Неорганический фосфат
3.38	1.32	4.8

- 4) Рассчитайте изменение энергии Гиббса в условиях клеток гепатоцитов [3 балла]