

Забери этот лист с собой, чтобы не забыть свой код и ссылки к ответам и обратной связи!

Инструкция и памятка по решению олимпиады

- В твоей тетради должно быть **13 страниц**.
- Комплект состоит из **6 задач**.

Н.В. Результаты решения 6-й задачи не влияют на результаты регионального тура олимпиады (кроме Таллинна), но учитываются при приглашении на республиканский тур. 6-я задача объёмнее предыдущих, но вся необходимая для решения информация есть в тексте.
- На решение у тебя есть **5 часов**.
- В качестве черновика используй обратную сторону листа.
- Используй время эффективно!

В первую очередь решай то, что умеешь.
Если у тебя не получается решить какую-либо задачу, отложи её.
- Всегда читай задачу и вопросы до конца.

Под вопросы задач не всегда связаны между собой.
Отвечай на как можно большее число подвопросов, независимо от того, можешь ли ты дойти до конечного ответа или нет.
- Пиши ответы и расчеты **ручкой** только в отведенные для этого **ячейки**.

Если ответ не помещается в ячейку, то напиши его с обратной стороны той же страницы и очерти вокруг него ячейку. Отметь около задачи, что ответ находится с обратной стороны.
- **Пиши аккуратно.**

Если проверяющий не поймет твой почерк, он не сможет оценить работу и поставить баллы.
При исправлении зачеркни неверное слово/ число целиком и напиши заново.
- Для каждого численного ответа приведи **ход решения**.

Задачи и ответы (будут опубликованы, когда олимпиада закончится):

www.eko.ut.ee/eko/pv

Поделись с нами своим мнением:

tinyurl.com/EKO2022-tagasiside

Наши спонсоры и партнёры:

*Захватывающей
олимпиады!*



TARTU ÜLIKOOL
keemia instituut



РЕГИОНАЛЬНЫЙ ТУР ОЛИМПИАДЫ ПО ХИМИИ

11–12 класс

январь 2022 г

Впиши печатными буквами:

ФАМИЛИЯ

.....

ИМЯ

.....

АДРЕС ЭЛ.-ПОЧТЫ

.....

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ

.....

ИМЯ И ФАМИЛИЯ УЧИТЕЛЯ

.....

Заполняют проверяющие:

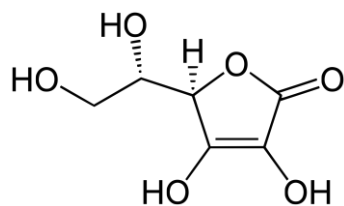
Задача	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Сумма
Максимальные баллы	8 б	8 б	10 б	12 б	12 б	20 б	50 б + 20 б
Баллы (ЕКО жюри)							

Задачи регионального тура олимпиады по химии 2021/2022 уч. г.

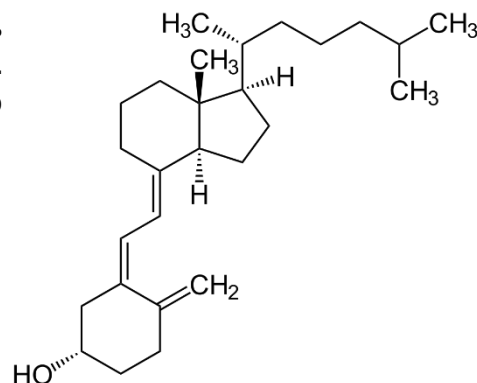
11–12 классы

Задача 1. Тест про витамины (8 б)

Витамины – это органические молекулы, которые нужны организму в малых количествах для его нормальной работы. Витамин С – известный антиоксидант, который встречается во множестве фруктов и овощей. Человеческий организм может сам синтезировать витамин D, но для этого ему требуется солнечный свет. Поскольку зимой в Эстонии мало солнечного света, то советуется употреблять витамин D.



Витамин С



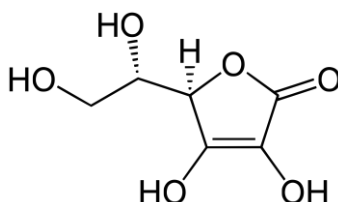
Витамин D₃

Витамины разделяют на жиро- и водорастворимые. Излишек употребленных водорастворимых витаминов выделяется с мочой, а излишек жирорастворимых витаминов откладывается в жиры.

- a) Основываясь на структуре, реши, какой из витаминов растворяется в жире, а какой в воде. (1)

- b) Витамин С – хороший антиоксидант. i) Отметь, какие два атома углерода окисляются первыми. ii) Напиши уравнение реакции полного окисления витамина С (образуются CO₂ и вода). (3)

i)



ii)

- c) Оцени pH 1М водного раствора витамина С: < 6, в интервале 6–8 или > 8. (1)

Содержание витамина D в витаминных препаратах часто дается в единицах МЕ (40 МЕ = 1 мкг витамина D).

- d) Определи концентрацию витамина D в препарате (моль·дм⁻³), если на упаковке сказано, что содержание витамина D в одной капле (0,050 см³) равно 1200 МЕ. (3)

$c(\text{витамин D}) = \dots\dots\dots \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$

Задача 2. Витамин А (8 б)

Одной из основ токсикологии является то, что любое химическое соединение будет ядовитым, если употреблено в достаточном количестве. Ярким примером тому служит экспедиция 1596-го года в Северный Ледовитый океан под командованием Виллема Баренца, в ходе которой экипажу корабля пришлось провести зиму на местных островах. По воле обстоятельств экипаж был вынужден употреблять в пищу местную флору и фауну, что вызвало у них отравление витамином А. К слову, содержание витамина А в печени белого медведя равно примерно $18\,000 \text{ ME}\cdot\text{г}^{-1}$, при этом $1 \text{ ME} = 0,3 \text{ мкг}$ ретинола ($\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}$). Рекомендуемая дневная доза витамина А для взрослого человека составляет 900 мкг ретинола. Токсичность витамина А проявляется, если превысить рекомендуемую дозу в 100 раз.

- а)** Рассчитай, во сколько раз каждый член экипажа в среднем превысил рекомендуемую дневную дозу витамина А. Предположи, что печень белого медведя весит 10 кг и экипаж, состоявший из 16 человек, делил печень поровну. Также учти, что они съедали целую печень за день и в процессе пищеварения не происходит потерь витамина А. (3)

Ответ: раз

- б)** Было бы полезно узнать, сколько времени потребуется организму после передозировки, чтобы привести уровень витамина А в норму. Выделение витамина А из организма в ходе метаболизма происходит довольно быстро: по сравнению с начальной, концентрация падает в два раза за 0,75 дней. Рассчитай, сколько времени потребуется для избавления от излишнего ретинола, если его концентрация в организме была в 100 раз выше нормы. (3)

Ответ: дней

- с)** Сколько см^3 масла надо добавить к 25 мг ретинола, чтобы получить 10 мкМ раствор? (2)

Ответ: см^3

Задача 3. Многоликий элемент (10 б)

Элемент **X** хорошо известен из-за большого количества аллотропов, свойства которых сильно различаются. Самые распространенные из них – мягкое воскообразное твердое вещество **X¹**, а также **X²**, который образуется из **X¹** при нагревании до 280 °С без доступа воздуха или под действием солнечного света. **X¹** – ядовито, огнеопасно и обладает хемилюминесцентными свойствами, а **X²** – малоактивное полимерное вещество. Самый стабильный аллотроп элемента **X** – полупроводник **X³** со слоистой структурой.

а) Напиши названия элемента **X** и аллотропов **X¹**–**X³**. (2)

X	X¹	X²	X³

Вещество **X¹** самовоспламеняется в воздухе уже при 50 °С, образуя оксид **A** (реакция 1). Оксид **A** хорошо растворяется в воде, образуя кислоту средней силы **B** (реакция 2), которая используется как регулятор кислотности в прохладительных напитках. Кроме кислоты **B**, также встречаются различные кислоты элемента **X** и их анионы: при реакции в соотношении 1:1 между $Mg(OH)_2$ и **B** образуется кислая соль **C** (реакция 3), в ходе нагревания которой при 250 °С образуется соль **D** и водяной пар (реакция 4). Аллотроп **X¹** реагирует с газообразным хлором, образуя вещество **E**. Однако, при избытке хлора образуется вещество **F**. При реакции **F** с водой в соотношении 1:1 в первую очередь образуется вещество **G** (реакция 5), при дальнейшем гидролизе которого образуется кислота **B** (реакция 6).

б) Определи формулы соединений **A, B, D–G**. (3)

A	B	D	E	F	G

в) Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях реакций 1–6. (3)

1.
2.
3.
4.
5.
6.

Соединения элемента **X** находят важное применение и в области органической химии. Например, при синтезе ацетилхлоридов (общая формула: $R-C(=O)Cl$) используют соединение **F**, которое схоже с $SOCl_2$, для замещения гидроксильной группы на хлор. В ходе реакции из **F** образуется побочный продукт **G**.

д) Напиши уравнение реакции между этановой кислотой и **F**. (1)

--

е) Назови одно биоорганическое соединение, которое содержит элемент **X**. (1)

--

Задача 4. Железное сердце планеты Земля (12 б)

Недра Земли различаются по составу и структуре и их разделяют на земную кору, мантию и ядро. Ядро, находящееся в центре Земли, состоит в основном из железа и, в свою очередь, разделяется на внутреннее и внешнее ядра. Эти ядра схожи по составу, однако внешнее ядро – жидкое, а внутреннее – твердое. На **рисунке 1** приведена схема строения Земли вместе с некоторыми измерениями. Радиус Земного шара $R_{\text{Земля}} = 6378$ км.

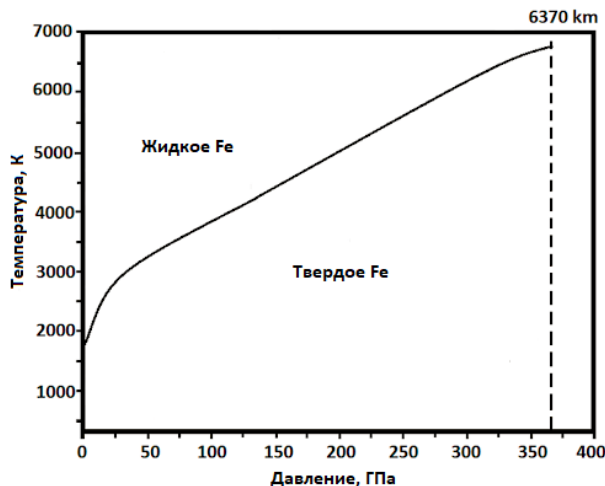
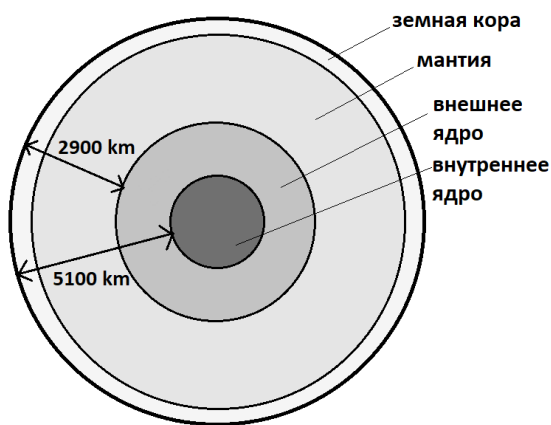


Рисунок 1. Строение земного шара.

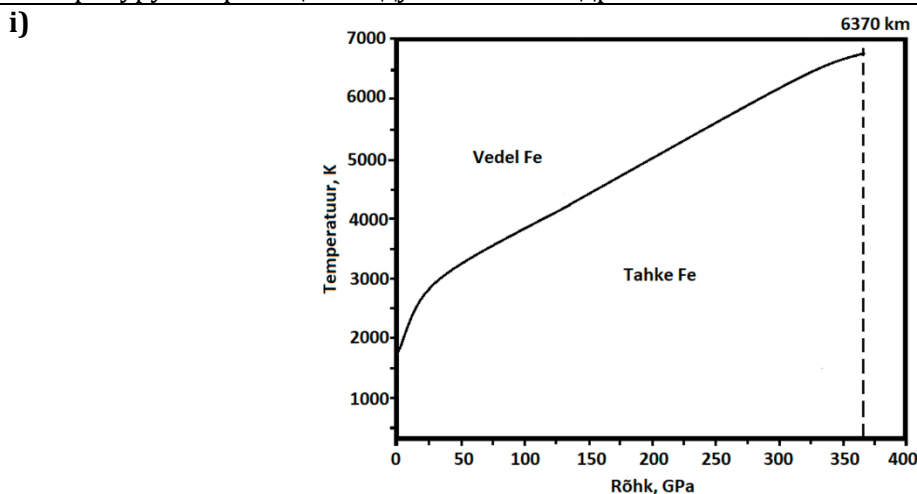
Рисунок 2. Фазовая диаграмма железа.

- a) Ядро по большей части состоит из железа, но в нем также встречаются никель и другие легкие элементы. Для упрощения рассмотрим ядро как сплав Fe и Ni, в котором примерно 85% Fe и 15% Ni по массе. Рассчитай, сколько атомов Fe приходится на каждый атом Ni в ядре. (1)

$$N_{\text{Fe}} / N_{\text{Ni}} =$$

- b) Так как железо превалирует в составе ядра, то, в общих чертах, структуру ядра можно описать с помощью свойств чистого железа. На **рисунке 2** приведена упрощенная фазовая диаграмма чистого железа с температурой и давлением, соответствующим недрам Земли.

- i) На глубине 5100 км под землей давление равно примерно 330 ГПа. Нанеси на фазовую диаграмму границу между внутренним и внешним ядрами. (1)
- ii) Определи температуру на границе внутреннего и внешнего ядер. (1)
- iii) На глубине 2900 км под землей давление равно примерно 130 ГПа. Нанеси на фазовую диаграмму границу между мантией и внешним ядром и оцени минимальную возможную температуру на границе между мантией и ядром. (2)



ii) $T = \dots\dots\dots$ K

iii) $T = \dots\dots\dots$ K

- с) Температура внутри земного шара снижается, так как планета постепенно теряет свою внутреннюю энергию. При снижении температуры железо в жидком внешнем ядре начинает кристаллизоваться, из-за чего объем внутреннего ядра увеличивается. Итогом охлаждения является полностью твердое ядро. По оценкам ученых, на данный момент радиус внутреннего ядра растет со скоростью примерно 1 мм/год. При решении следующих подпунктов предположи, что ядро полностью состоит из железа. Плотность внешнего ядра равна $\rho_v = 12 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$, плотность внутреннего ядра $\rho_s = 17 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$. Объем шара равен $V = 4/3 \cdot \pi R^3$.

i) Сколько молей железа затвердевает в ядре Земли каждую минуту? (3)

$v_{\text{Fe}} = \dots\dots\dots \text{ моль/мин}$

ii) Оцени, сколько лет потребуется для полного затвердевания внешнего ядра при текущей скорости кристаллизации (моль Fe/единица времени). (3)

$t = \dots\dots\dots \text{ лет}$

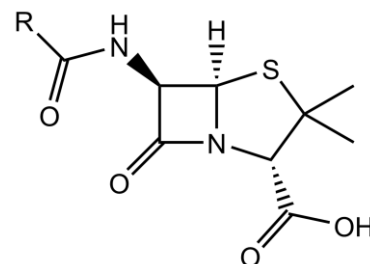
Магнитное поле Земли, которое вызвано конвекционными потоками во внешнем ядре, защищает жизнь на Земле от вредоносного космического излучения.

d) Стоит ли человечеству беспокоиться об исчезновении магнитного поля Земли? (1)

Задача 5. Пенициллины (12 б)

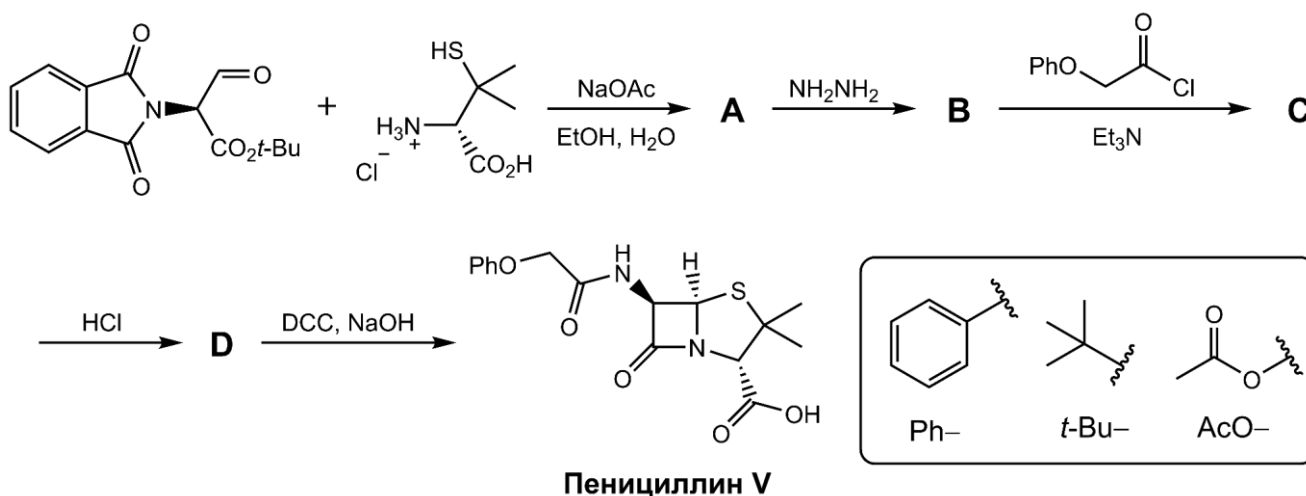
Пенициллины – класс антибиотиков, которые получают из грибов *Penicillium*. Бензилпенициллин или пенициллин G был первым антибиотиком, который нашел применение в медицине. Его открытие присваивают Александру Флемингу, который позднее в 1945-ом году был удостоен Нобелевской премии в области физиологии и медицины. **Общая структура** пенициллинов приведена на рисунке справа.

а) Перечисли три функциональные группы, встречающиеся в **общей структуре** пенициллина. (1,5)



б) Отметь звездочкой все хиральные центры и определи их конфигурацию, используя R/S номенклатуру. Приведи свое решение! (4,5)

Пенициллин V или феноксиметилпенициллин – это антибиотик, который используют, например, для лечения ангины или фарингита. Лабораторный синтез **пенициллина V** приведен снизу.



Пенициллин V

Подсказки:

- Брутто-формулы соединений **A–D** соответственно: $C_{20}H_{24}N_2SO_6$, $C_{12}H_{22}N_2SO_4$, $C_{20}H_{28}N_2SO_6$, $C_{16}H_{20}N_2SO_6$.
- Соединение **A** содержит три цикла, а **B** – один.
- В присутствии DCC происходит образование лактама, т. е. циклического амида.

с) Нарисуй структурные формулы соединений **A, B, C** и **D**. (6)

A	B
C	D

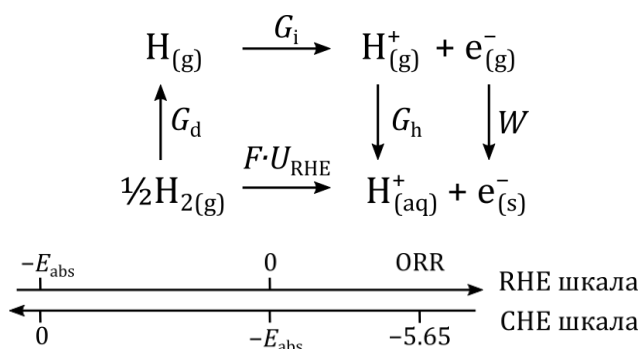
Задача 6. Электрокатализ (20 б)

Возобновляемая энергия, например солнечная или ветряная, в ближайшем будущем поможет человечеству поддерживать водородную энергетику, а также позволит улавливать углекислый газ из атмосферы. Электролизеры и топливные ячейки, соответственно, преобразуют энергию в H_2 и производят данную энергию. К тому же углекислый газ может быть электровосстановлен до ценных соединений.

- а) Напиши уравнения реакций для основных электрохимических полуреакций **i-vi**, которые проходят в кислой среде и в них принимают участие e^- и H^+ : **i**) реакция выделения водорода (HER); **ii**) реакция образования кислорода (OER); **iii**) реакция восстановления кислорода (ORR); реакция восстановления диоксида углерода (CO₂RR) до: **iv**) метана; **v**) этилена; **vi**) этанола. (3)

i)
ii)
iii)
iv)
v)
vi)

H_2 и H^+ играют ключевую роль в электрокатализе, где водородный электрод – это универсальный электрод сравнения. Во время экспериментов стандартный потенциал обратимого водородного электрода (RHE) принимается за 0 вольт и окислительно-восстановительные (редокс) реакции в водных растворах изучают относительно этого эталонного потенциала. В области теоретической химии расчетный водородный электрод (SHE) играет похожую роль. Данный цикл Борна-Габера соотносит стандартные и абсолютные потенциалы. Цикл Борна-Габера основан на законе Гесса, который гласит, что общий тепловой эффект химической реакции не зависит от пути протекания реакции.



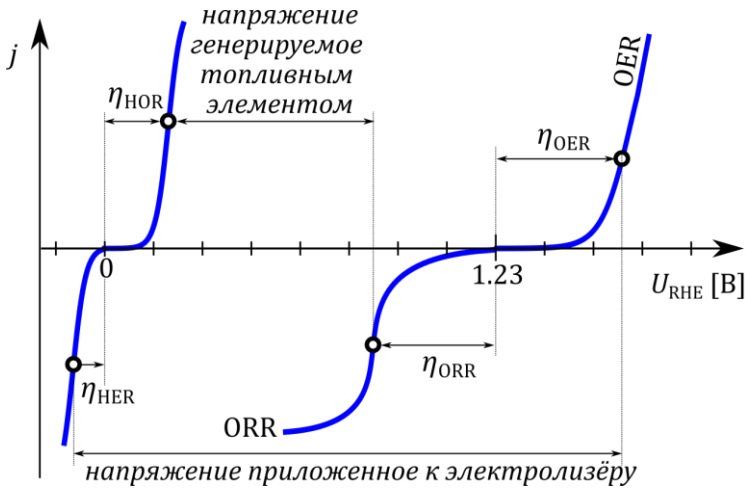
$F \cdot U_{RHE}$ – это энергия окисления H_2 , $F = 96485$ кДж·В⁻¹ – постоянная Фарадея, $G_d = 214$ кДж – энергия диссоциации H_2 , $G_i = 1312$ кДж – энергия ионизации H , $G_h = -1100$ кДж – абсолютная энергия гидратирования H^+ , а W – работа выхода электрона (кДж). SHE определяет абсолютный потенциал относительно энергии электрона в вакууме.

- б) Рассчитай абсолютный потенциал водородного электрода с точностью до двух знаков после запятой ($E_{abs} = W$ при $U_{RHE} = 0$ и $pH = 0$). (1)

$E_{abs} = \dots\dots\dots$ В

- с) Рассчитай стандартный потенциал реакций восстановления CO_2 до **i)** CO и **ii)** $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, если значения абсолютного потенциала для этих реакций равны -4.31 В и -4.50 В, соответственно. Подсказка: Твой ответ должен показать, что CO_2RR и HER – это конкурирующие реакции. (1)

i) $E^\circ(\text{CO}_2/\text{CO}) = \dots\dots\dots$ В	ii) $E^\circ(\text{CO}_2/1/2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \dots\dots\dots$ В
--	--



При определенной поверхностной площади электрода разница между стандартным редокс потенциалом и лимитирующим потенциалом (E_{lim}), при котором происходит редокс реакция, равна перенапряжению (η). Чем меньше перенапряжение, тем больше плотность тока во время реакции (j) и тем меньше разница в энергии, потребляемой в электролизере и выработанной в топливном элементе. Поэтому большие усилия приложены на поиск катализаторов с наименьшим перенапряжением.

- d) **i)** Оцени, используя график, сумму $\eta_{\text{OER}} + \eta_{\text{ORR}}$, которая соответствует лучшему электрокатализатору. **ii)** Оцени эффективность преобразования электроэнергии. (1)

i) $\eta_{\text{OER}} + \eta_{\text{ORR}} = \dots\dots\dots$ В	% =
---	-----

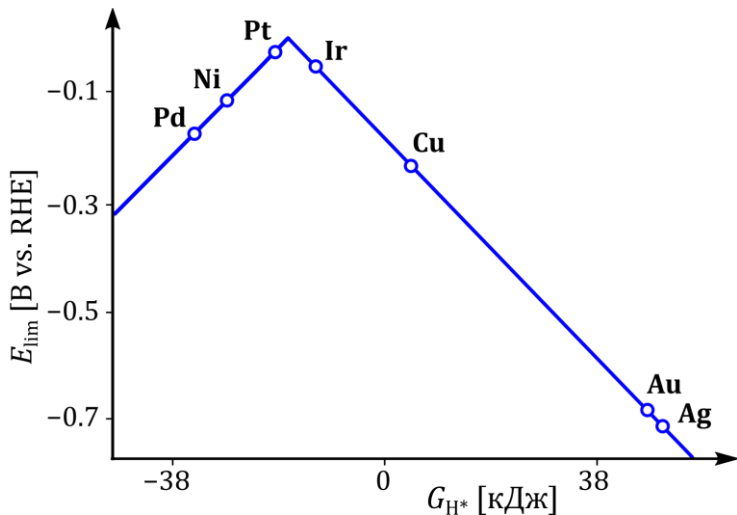
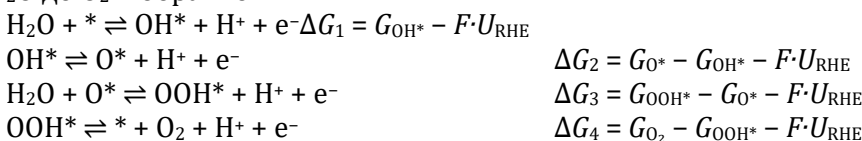


Диаграмма-вулкан слева показывает отношение между лимитирующим потенциалом и энергией адсорбции водорода. Идеальный катализатор расположен в вершине, а диаграмма иллюстрирует принцип Сабатье.

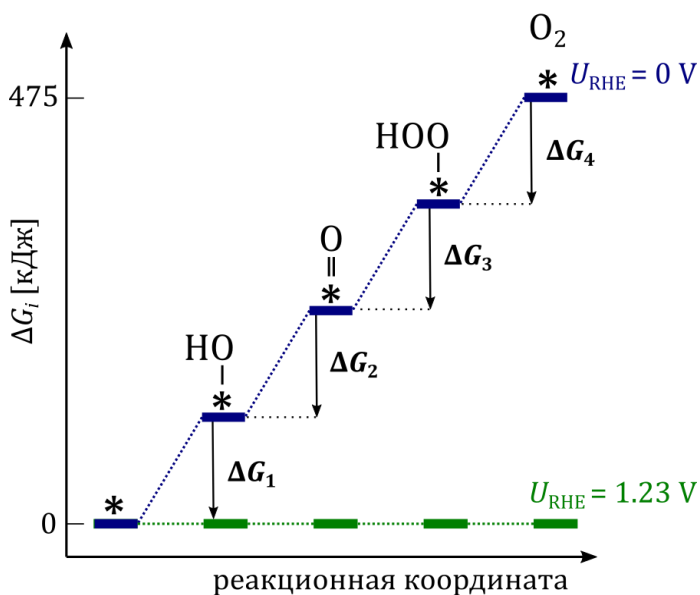
- e)** Выбери правильную формулировку для принципа Сабатье: (1)

- i)** Адсобрат должен быть слабо связан с катализатором;
- ii)** Адсобрат должен быть связан с катализатором ни слабо, ни сильно.
- iii)** Адсобрат должен быть сильно связан с катализатором;

Среди прочих металлов платина больше всех подходит на роль идеального катализатора для HER. Платина также является одним из самых известных катализаторов для ORR. Однако, даже у платины достаточно высокое перенапряжение из-за сложного механизма ORR. Как ORR, так и OER могут быть описаны последовательностью из четырех реакций, который составляют путь реакции от H_2O до O_2 и обратно:



где * обозначает адсорбционный центр на поверхности катализатора, X^* – адсорбированное частица X, G_{O_2} , G_{OH^*} , G_{O^*} , и G_{OOH^*} – это энергии адсорбции относительно $G_{\text{H}_2\text{O}}$ при $\text{pH} = 0$.



У идеального катализатора, каждой реакции соответствует шаг в энергии одинаковой высоты. При $U_{\text{RHE}} = 0$, $\Delta G_1^0 = \Delta G_2^0 = \Delta G_3^0 = \Delta G_4^0 = F \cdot E^\circ(\frac{1}{2}\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{4} \cdot 475$ кДж и реакция может протекать только в направлении образования кислорода.

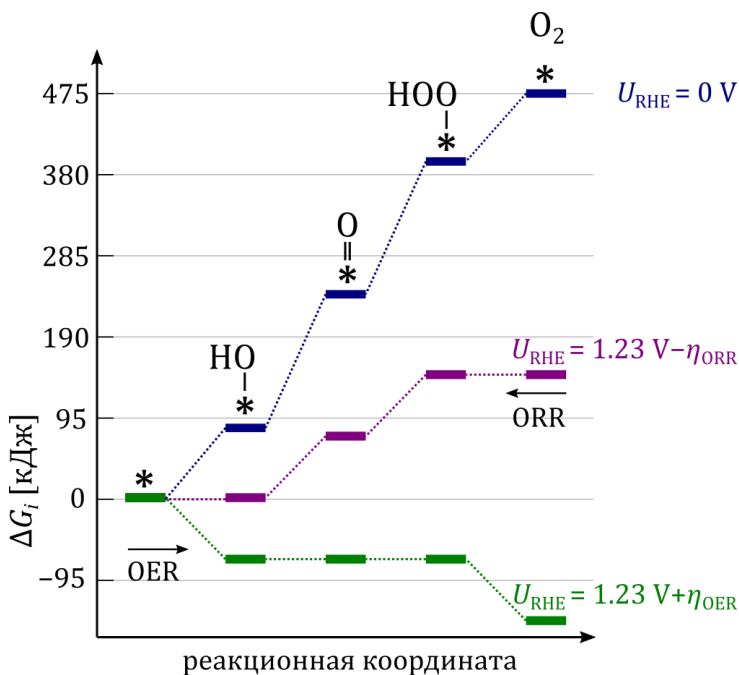
При $U_{\text{RHE}} = E^\circ = 1.23$ В, $\Delta G_1^{E^\circ} = \Delta G_2^{E^\circ} = \Delta G_3^{E^\circ} = \Delta G_4^{E^\circ} = 0$ кДж и при отсутствии термодинамических барьеров реакция обратима.

f) Рассчитай G_{OH^*} , G_{O^*} и G_{OOH^*} для идеального катализатора, если $G_{\text{O}_2} = 475$ кДж. (1)

$G_{\text{OH}^*} =$

$G_{\text{O}^*} =$

$G_{\text{OOH}^*} =$



Для неидеального катализатора реакция начинается, когда все термодинамические барьеры меньше или равны нулю. Соответствующие пере-напряжения равны

$$\eta_{\text{ORR}} = 1.23 \text{ В} - \min(\Delta G_i^0)/F$$

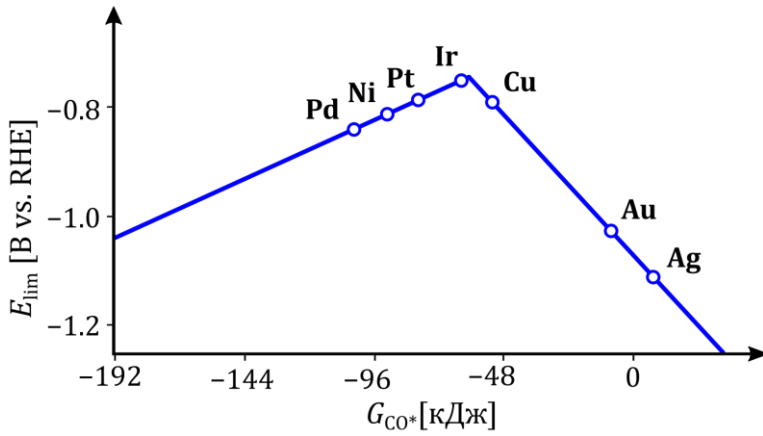
$$\eta_{\text{OER}} = \max(\Delta G_i^0)/F - 1.23 \text{ В}$$

где $\min(\Delta G_i^0)$ и $\max(\Delta G_i^0)$ – это соответственно наименьшие и наибольшие значения среди ΔG_i^0 до ΔG_4^0 (т. е. среди значений G_i при $U_{\text{RHE}} = 0$).

g) Оцени значения η_{OER} и η_{ORR} , используя график. (1)

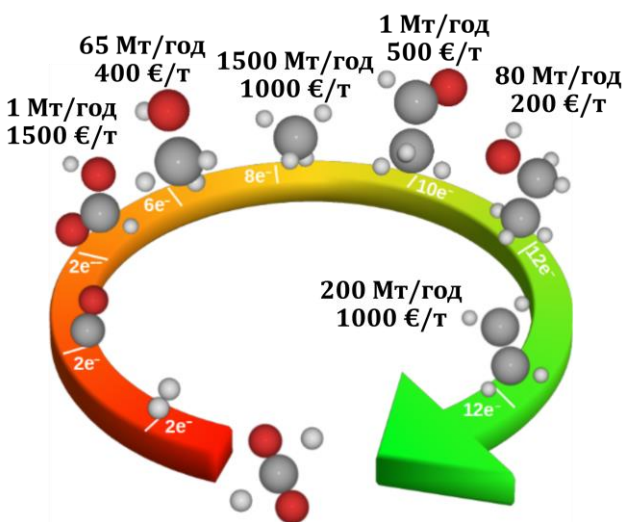
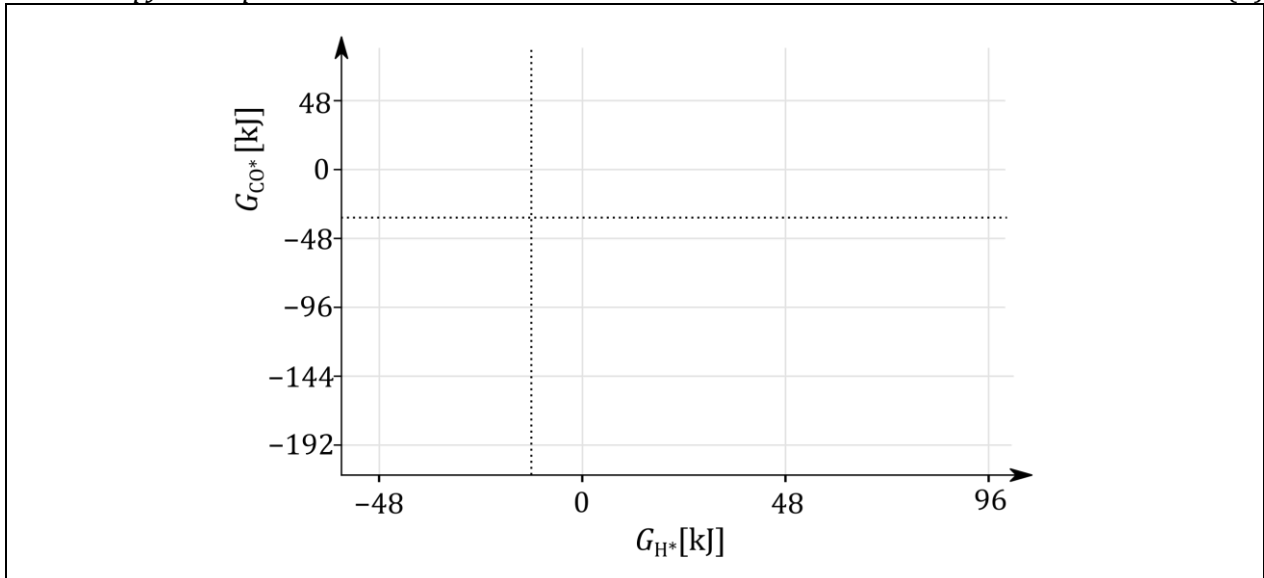
$\eta_{\text{OER}} =$

$\eta_{\text{ORR}} =$



Из-за сложности механизма, перенапряжение для CO_2RR нельзя выразить так элегантно как для HER, OER или ORR. Некоторые диаграммы-вулканы позволяют нам предсказать катализаторы для CO_2RR с определенными продуктами, однако, главная проблема здесь – селективность CO_2RR , на которую влияет адсорбция водорода. Вместо того, чтобы изучать многообразные пути реакции или чертить вулканы для отдельных продуктов, можно классифицировать различные катализаторы, используя энергии адсорбции CO и H.

- к) **i)** Начерти график G_{CO^*} от G_{H^*} и **ii)** определи единственный металл **M**, который катализирует электровосстановление CO_2 до продуктов с двумя или более атомами углерода (например C_2H_4). Подсказка: металлы с $G_{H^*} < -10$ кДж катализируют HER, а металлы с $G_{CO^*} > -30$ кДж катализируют образование CO и $HCOOH$. (1)



Допустим, что ты хочешь запустить стартап, который основывается на CO_2RR . Ты будешь сравнивать любые два продукта следующим образом. Во-первых, продукт X предпочтительнее, чем продукт Y, если его потенциальная прибыль выше (рыночная цена минус цена производства). Во-вторых, тот же самый продукт Y предпочтительнее X, если спрос на него в два раза больше. Предположи, что ты нашел идеальные катализаторы ($\eta_{CO_2RR} = 0$ и $\eta_{OER} = 0$) для каждой из реакций и при производстве ты платишь только за электричество по тарифу $0,05 \text{ €} \cdot \text{kWh}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$. Прими стандартные восстановительные потенциалы всех CO_2RR равными 0 V . Значения для спроса (мегатонн в год) и рыночная цена продукта (€ за тонну) приведены на рисунке.

1) Определи при помощи расчетов один продукт для своего CO₂RR стартапа. (3)

Продукт:

Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Co Ni Sn Pb H₂ Cu Hg Ag Pt Au

	K ⁺	Na ⁺	Li ⁺	Ag ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
OH ⁻	L	L	L	-	L	L	V	E	E	E	E	-	E	E	E	E
Cl ⁻	L	L	L	E	L	L	L	L	L	L	L	L	V	L	L	L
Br ⁻	L	L	L	E	L	L	L	L	L	L	L	V	V	L	L	L
I ⁻	L	L	L	E	L	L	L	L	L	-	L	E	E	-	L	L
S ²⁻	L	L	L	E	H	H	H	H	E	E	E	E	E	-	H	H
SO ₃ ²⁻	L	L	L	E	L	E	E	E	E	E	E	-	E	-	-	H
SO ₄ ²⁻	L	L	L	V	L	E	V	L	L	L	L	H	E	L	L	L
PO ₄ ³⁻	L	L	E	E	H	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
CO ₃ ²⁻	L	L	V	E	H	E	E	E	E	E	E	E	E	H	H	H
NO ₃ ⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
CH ₃ COO ⁻	L	L	L	V	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H

L – lahustub vees; V – vähelahustuv; E – ei lahustu vees; H – hüdrolyüs kulgeb peaaegu lõpuni; - ebapüsiv

1																		18																	
IA																		VIIIA																	
1	2																	13	14	15	16	17	2												
H	IIA																	III A	IV A	V A	VIA	VII A	He												
Vesinik 1,008																		Boor 10,81	Süsinik 12,01	Lämmastik 14,01	Hapnik 16,00	Fluor 19,00	Neon 20,18												
3	4											5	6	7	8	9	10																		
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																		
Liitium 6,94	Berüllium 9,01											Boor 10,81	Süsinik 12,01	Lämmastik 14,01	Hapnik 16,00	Fluor 19,00	Neon 20,18																		
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																		
Na	Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB	VIIIB	VIIIB	IB	IIB	Al	Si	P	S	Cl	Ar																		
Naatrium 22,99	Magneesium 24,30											Aluminium 26,98	Räni 28,09	Fosfor 30,97	Väävel 32,06	Kloor 35,45	Argoon 39,95																		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																		
Kaalium 39,10	Kaltsium 40,08	Skandium 44,96	Titaan 47,87	Vanaadium 50,94	Kroom 52,00	Mangaan 54,94	Raud 55,85	Koobalt 58,93	Nikkel 58,69	Vask 63,55	Tsink 65,38	Gallium 69,72	Germaanium 72,63	Arseen 74,92	Seleen 78,97	Broom 79,90	Krüptoon 83,80																		
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54																		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																		
Rubiidium 85,47	Strontsium 87,62	Ütrium 88,91	Tsirkoonium 91,22	Nioobium 92,91	Molibdeen 95,95	Tehneesium -	Ruteenium 101,1	Roodium 102,9	Pallaadium 106,4	Höbe 107,9	Kaadmium 112,4	Indium 114,8	Tina 118,7	Antimon 121,8	Telluur 127,6	Jood 126,9	Ksenoon 131,3																		
55	56	La	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86																		
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																		
Tseesium 132,9	Baarium 137,3		Hafnium 178,5	Tantaal 180,9	Volfram 183,8	Reenium 186,2	Osmium 190,2	Iriidium 192,2	Plaatina 195,1	Kuld 197,0	Elavhõbe 200,6	Tallium 204,4	Plii 207,2	Vismut 209,0	Poloonium -	Astaat -	Radoon -																		
87	88	Ac	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118																		
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																		
Frantsium -	Raadium -		Rutherfordium -	Dubnium -	Seaborgium -	Bohrium -	Hassium -	Meitneerium -	Darmstadtium -	Röntgeenium -	Koperniitsium -	Nihonium -	Flerovium -	Moskooivium -	Livermoorium -	Tennessium -	Oganessoon -																		
Lantanoidid			57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71																		
Lantanoidid			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																		
Lantanoidid			Lantaan 138,9	Tseerium 140,1	Praseodüüm 140,9	Neodüüm 144,2	Promeetium -	Samaarium 150,4	Euroopium 152,0	Gadoliinium 157,3	Terbium 158,9	Düsproosium 162,5	Holmium 164,9	Erbium 167,3	Tuulium 168,9	Üterbium 173,0	Luteetsium 175,0																		
Aktinoidid			89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103																		
Aktinoidid			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																		
Aktinoidid			Aktiinium -	Toorium 232,0	Protaktiinium 231,0	Uraan 238,0	Neptuunium -	Plutoonium -	Ameriitsium -	Kuurium -	Berkeelium -	Kalifornium -	Einsteinium -	Fermium -	Mendelevium -	Nobeelium -	Lavrentsium -																		