

Инструкция и памятка по решению олимпиады

- В твоей тетради должно быть **11 страниц**.
- Комплект состоит из **9 задач**, из которых в зачёт лишь **6 наилучшим образом решенных задач**.
Это значит, что можно решать как все задачи, так и выбранные на свое усмотрение задачи
- 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/lv

Поделись с нами своим мнением:

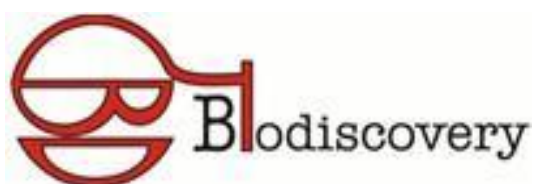
tinyurl.com/EKO2022-tagasiside

Наши спонсоры и партнёры:

*Захватывающей
олимпиады!*



TARTU ÜLIKOOL
keemia instituut



**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2021/22 уч.г.
9–10 класс**

Задача 1. Растворимость (7 б)

Пронумерованные пробирки содержат порошки меди, оксида цинка, сульфата меди (II), карбоната натрия, карбоната магния, нитрата калия и сульфата лития. Все вещества в пробирках белые, кроме пробирки № 1.

- a) Напиши формулу вещества, содержащегося в пробирке № 1. (0,5)

1

Вещества в пробирках 2–5 растворяются при добавлении воды. В пробирке № 2 образуется синий раствор, а в пробирках № 3–5 – бесцветные растворы.

- b) Напиши формулу вещества, содержащегося в пробирке № 2. (0,5)

2

При добавлении $\text{Ba}(\text{OH})_2$ к растворам, образовавшимся в пробирках № 3–5, только в пробирке № 3 осадка не появилось, в других пробирках выпадали в осадок белые соли (**реакции i–ii**). Если к растворам, образовавшимся в пробирках № 3–5 добавить синий раствор из пробирки № 2, то только в пробирке 4 образуется зеленый осадок (**реакция iii**).

- c) Напиши формулы веществ, содержащихся в пробирках № 3–5. (1,5)

3	4	5
---	---	---

При добавлении раствора NaOH к нерастворимым в воде порошкам только в пробирке № 6 протекает реакция, в результате которой образуется координационное соединение (**реакция iv**).

- d) Напиши формулу вещества, содержащегося в пробирке № 6. (0,5)

6

- e) Напиши уравнения реакций **i–iv** и расставь коэффициенты. (4)

i/ii

ii/i

iii

iv

Задача 2. Квадратная кислота (8 б)

Квадратная кислота – органическая кислота, которая содержит только атомы углерода, водорода и кислорода. При сжигании 1,000 г квадратной кислоты образуется 0,1580 г воды и 0,8693 дм³ углекислого газа при 100 кПа и 25 °С. $pV = nRT$, $R = 8,314 \text{ м}^3 \cdot \text{Па} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

- a) Определите эмпирическую и молекулярную формулы квадратной кислоты, если известно, что ее молярная масса больше, чем у уксусной кислоты, и меньше, чем у бензойной кислоты. (2)

--

- b) Нарисуйте структурную формулу квадратной кислоты, если известно, что она не содержит группу COOH. (1)

--

- c) Нарисуй структурные формулы **четырёх** возможных изомеров квадратной кислоты. (4)

- d) Объясни, почему квадратная кислота является относительно сильной органической кислотой ($K_{a1} = 3 \cdot 10^{-2}$). (1)

--

Задача 3. Литий-ионный аккумулятор (8 б)

В Li-ионных аккумуляторах проходят 2 полуреакции. Первая полуреакция протекает с оксидом кобальта (IV), допированным ионами лития, в результате чего образуется оксид **A**, в котором степень окисления кобальта равна III. Вторая полуреакция протекает на графитовом электроде, в ходе чего высвобождаются ионы лития из нейтрального графитного комплекса (LiC_6).

Такие реакции позволяют ионам лития проходить через электролит между двумя электродами, в то время как электроны проходят через внешнюю цепь. Известным электролитом является раствор соли лития. Чаще всего используется соль **B** (массовое содержание $w_{\text{Li}} = 4,57\%$), в которой анион состоит из двух элементов. Она легко гидролизуется в воде с образованием фторида лития и кислот **B** и **C**. Кислота **B** широко используется в моющих средствах и пищевой промышленности. Кислота **C** очень едкая и токсичная.

- a) Напиши уравнения двух полуреакций, происходящих в Li-ионном аккумуляторе. (1)

i

ii

- b) Определи при помощи расчетов формулу вещества **B**. (2)

- c) Напиши уравнение реакции гидролиза вещества **B** и расставь коэффициенты. (1)

Мобильный телефон оснащен литий-ионным аккумулятором емкостью 2800 мА·ч и его заряжают током 1,80 А. $F = 96485 \text{ А} \cdot \text{с} \cdot \text{моль}^{-1}$.

- d) Рассчитай, сколько времени теоретически уйдет на полную зарядку такого аккумулятора? (1)

- e) Рассчитай минимальную массу (г) электродов **i**) из оксида кобальта (IV) и **ii**) из графита. (3)

i)

ii)

Задача 4. Калориметрия (9 б)

Калориметрия – это метод определения удельной теплоемкости (c) и теплоемкости (C), а также теплового эффекта различных процессов. Калориметр состоит из сосуда, наполненного водой ($C = 4,186 \text{ Дж г}^{-1} \text{ К}^{-1}$), мешалки и термометра. Юку решил измерить молярную энтальпию растворения, т. е. количество теплоты, выделившееся или затраченное при растворении 1 моля вещества. Для определения внутренней теплоемкости калориметра он поместил в калориметр 100,0 г воды и добавил 2,000 г NaNO_3 с энтальпией растворения $+20,50 \text{ кДж моль}^{-1}$. В ходе этого опыта температура раствора понизилась на $1,010 \text{ }^\circ\text{C}$.

- a) Покажи при помощи расчетов, что теплоемкость калориметра равна $59,0 \text{ Дж К}^{-1}$. (1)

--

Затем Юку определил энтальпию растворения гидроксида натрия. Для этого он поместил в калориметр 100,0 г воды и добавил 2,000 г гидроксида натрия. В ходе этого эксперимента температура раствора повысилась на $4,660 \text{ }^\circ\text{C}$.

- b) Рассчитай энтальпию растворения гидроксида натрия (кДж моль^{-1}). (2)

--

- c) Предположи, будет ли энтальпия растворения этих веществ в воде меньше или больше, чем $0 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$. (2)

HNO_3	KOH	O_2	AgCl

В следующем эксперименте Юку использовал вместо воды 100,0 г 0,500 М раствора соляной кислоты ($c \approx 4,186 \text{ Дж}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$). В этом опыте температура раствора повысилась на $10,7 \text{ }^\circ\text{C}$ после добавления 2,000 г гидроксида натрия.

- d) Рассчитай изменение энтальпии в реакции нейтрализации ($\text{кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$). (2)

--

- e) Предскажи, будет ли изменение энтальпии реакций нейтрализации для следующих веществ меньше, равно или больше, чем изменение энтальпии реакции нейтрализации NaOH и HCl. (2)

$\text{HNO}_3 + \text{KOH}$	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH}$	$\text{HCl} + \text{NH}_4\text{OH}$	$\text{TiOH} + \text{HI}$

Задача 5. Изменения цвета (9 б)

Наиболее устойчивыми и известными оксидами металла **X** являются **Y** (массовое содержание $w_x = 68,4\%$) и **Z** ($w_x = 52,0\%$). Оксид **Y** представляет из себя зеленое кристаллическое вещество, встречающееся в природе в виде зеленоватого минерала. Он образуется в результате реакции металла **X** с кислородом. Оксид **Y** не реагирует с водой, но реагирует с соляной кислотой с образованием соли **A** (**реакция 1**) и с концентрированным гидроксидом натрия с образованием координационного соединения **B** (**реакция 2**). При окислении оксида **Y** веществом $KClO_3$ в присутствии K_2CO_3 получается соединение **C** светло-желтого цвета, бесцветный газ и белая соль (**реакция 3**). Обработка **C** разбавленной серной кислотой дает ярко-оранжевое соединение **D** (**реакция 4**). При взаимодействии **D** с концентрированной серной кислотой кристаллизуется оксид **Z** (**реакция 5**).

a) При помощи вычислений определи металл **X**. (2)

X =

b) Напиши формулы веществ **A–D**. (2)

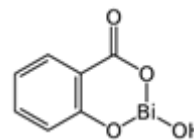
A	B
C	D

c) Напиши уравнения реакций **1–5** и расставь коэффициенты. (5)

1
2
3
4
5

Задача 6. Pepto-bismol (10 б)

Pepto-bismol – это одно из популярных лекарств в группе антацидов. Антациды уменьшают жжение и боль, вызванные повышенной кислотностью в желудке. В состав таблеток Pepto-bismol входят **субсалицилат висмута** (см. рисунок), маннитол, **карбонат кальция**, растворимый крахмал и глюкоза. Содержимое всей пачки Pepto-bismol (24 таблетки общим весом 39,6000 г) растворили в 155,550 г концентрированной кислоты HCl. Выделился газ **А (реакция 1)** и выпала в осадок кислота **В (реакция 2)**. Общая масса осадка и раствора составила 193,040 г. Элементарный анализ показал, что соединение **В** содержит по массе 60,87% углерода, 4,38% водорода и 34,75% кислорода. К оставшемуся раствору добавили алюминиевую фольгу, на поверхности которой образовался темный осадок **С (реакция 3)**. Таким образом получили 7,272 г металлического порошка **С**.



- a) Рассчитай массу (мг) CaCO_3 в одной таблетке Pepto-bismol. (2)

--

- b) Рассчитай химический состав вещества **В** и напиши формулы веществ **А–С**. (2)

А	В	С
Расчет:		

- c) Напиши уравнения реакций **1–3** и расставь коэффициенты. (3)

1
2
3

- d) Рассчитай массу (мг) **субсалицилата висмута** в одной таблетке Pepto-bismol. (2)

--

- e) Рассчитай массу (г) вещества **В**. (1)

--

Задача 7. Гомеопатия (10 б)

Гомеопатические препараты содержат минералы, продукты растительного и животного происхождения. Кроме того, гомеопатические препараты могут содержать ядовитые вещества, которые не опасны для человека, поскольку многократно разбавлены. Например, некоторые назальные капли содержат бинарное соединение AB_2 и жидкость для полоскания рта содержит C_4D_6 ($M_C : M_D = 3,8 : 1$). **A** – серебристо-белый металл с темп. плавления $-39\text{ }^\circ\text{C}$. Элемент **B** образует фиолетовое твердое вещество B_2 , пары которого используются в тонкослойной хроматографии и проявлении отпечатков пальцев. **C** – это сероватый полуметалл, **D** – это желтый неметалл.

- a) Напиши символы элементов **A–D**. (2)

A	B	C	D
----------	----------	----------	----------

На некоторых гомеопатических препаратах отмечено, что при изготовлении использовали водный раствор вещества AB_2 в концентрации 15X.

- b) Оцени массу (г) AB_2 , которую нужно добавить в Чудское озеро ($V = 25\text{ км}^3$), чтобы получить гомеопатическую концентрацию 15X, то есть одну молекулу AB_2 на 10^{15} молекул воды. (2)

- c) Оцени объем (дм^3) 15X р-ра AB_2 , который содержит столько же элемента **A**, сколько и стакан воды (200 см^3) с максимальной допустимой концентрацией ионов **A**, равной $1,0\text{ мкг дм}^{-3}$. (3)

Один из основных принципов гомеопатии состоит в том, что последовательное разбавление веществ, используемых в препарате, увеличивает его силу. Поэтому реальные концентрации химических веществ в гомеопатических препаратах могут достигать 200X, то есть 1 молекулу вещества на 10^{200} молекул растворителя.

- d) Рассчитай число молекул C_4D_6 , которое потребляет человек за год, если ежедневно выпивает 10 см^3 24X C_4D_6 спиртового раствора ($\rho = 935\text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$, $m(C_2H_5OH) : m(H_2O) = 374\text{ г} : 1,000\text{ кг}$). (3)

Задача 8. Верно или неверно? (10 б)

Ответ на следующие вопросы и подтверди свой выбор расчетами (в единицах Гт CO_2 в день) на основе приведенных данных. Человечество производит примерно 50 Гт CO_2 в год. Индустрия дает 40 Мт CO_2 в день, потребление энергии зданиями – 168 Мт CO_2 в неделю, отрасли производства продуктов питания – 840 Мт CO_2 в месяц. Авиация дает 107 кт CO_2 в час, судоходство – 2,2 Мт CO_2 в день, наземный грузовой транспорт – 46 Мт CO_2 в неделю, а наземный пассажирский транспорт – 300 Мт CO_2 в месяц. Поголовье коров равно 1 млрд, и каждая ежедневно выделяет до 350 г метана в день, эквивалентных 30 кг CO_2 . В мире насчитывается 1 млрд легковых автомобилей, которые в среднем выделяют 3000 кг CO_2 в год. В год всего десять вулканов (включая Этну) выделяют 18,5 Тг CO_2 , ещё 20 вулканов – 20,0 млрд кг CO_2 , и оставшиеся вулканы – примерно 14,8 Мт CO_2 . Площадь суши без Антарктиды равна 135 млн км². Из них около 27% и 3% занимают леса и болота. Предположим, что в среднем за один год 1 м² как лесов, так и болот поглощает приблизительно 0,5 кг CO_2 .

- а) Верно ли, что метан, выделяемый коровами, в большей мере влияет на потепление климата, чем легковые автомобили? Подтверди расчетами. (2)

- в е р н о
 н е в е р н о

- б) Верно ли, что главным источником антропогенных выбросов CO_2 является авиация? Подтверди расчетами. (2)

- в е р н о
 н е в е р н о

- с) Верно ли, что выброс 8000 т CO_2 в атмосферу при извержения вулкана Энта был больше выбросов CO_2 всего наземного грузового и пассажирского транспорта за тот же день? Подтверди расчетами. (2)

- в е р н о
 н е в е р н о

- д) Верно ли, что выброс CO_2 в атмосферу всеми вулканами в течении года больше выброса CO_2 за год от всего транспорта? Подтверди расчетами. (2)

- в е р н о
 н е в е р н о

- е) Верно ли, что (вос)созданием только болот и лесов можно достичь углеродной нейтральности? Подтверди расчетами. (2)

- в е р н о
 н е в е р н о

Задача 9. Равновесие (12 б)

В результате разложения $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при 780°C в закрытом сосуде ($V = 2,00 \text{ дм}^3$) образовалось равновесие между H_2O , CO_2 и CO , а давление поднялось с 0 до 400 кПа . $R = 8,314 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

a) Закончи уравнения реакций: **i)** $_ \text{CO} + _ \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons _ \text{CO}_2 + _ \dots$ (0,5)

ii) $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow _ \text{CaO} + _ \text{CO}_2 + _ \text{H}_2\text{O} + _ \dots$ (0,5)

b) Рассчитай массу (г) разложившегося $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. (2)

--	--

c) Рассчитай изменения энтальпии $\Delta_r H^\circ$ ($\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$) и изменение энтропии $\Delta_r S^\circ$ ($\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$) для реакции **i)** при 298 К (25°C). (2)

	$\text{CO}(\text{г})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{г})$	$\text{CO}_2(\text{г})$	$\text{H}_2(\text{г})$
$\Delta_r H^\circ [\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}]$	-110,5	-241,8	-393,5	0
$S_m^\circ [\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}]$	197,7	188,8	213,8	130,7

$\Delta_r H^\circ =$

$\Delta_r S^\circ =$

c) Рассчитай свободную энергию $\Delta_r G^\circ$ ($\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$) реакции **i)** при температуре 780°C . (1)

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

d) Рассчитай константу равновесия (K) для реакции **i)** при 780°C , допуская, что энтальпия и энтропия реакции не зависят от температуры. $K = 10^a$, $a = -0,434 \cdot \Delta G / (RT)$. (1)

$K =$

e) Рассчитай парциальное давление (кПа) CO , H_2O , CO_2 и H_2 . Игнорируй объем CaO . Если ты не сумел рассчитать значение в пункте **d)**, используй $K = 0,60$. (5)

$p_{\text{CO}} =$

$p_{\text{H}_2\text{O}} =$

$p_{\text{CO}_2} =$

$p_{\text{H}_2} =$

Расчет:

--