

Задачи регионального тура олимпиады по химии 2021/22 уч.г.
9 класс

Задача 1. Тест (10 б)

В 1817 году, исследуя минерал петалит, молодой лабораторный ассистент Юхан Август Арфведсон открыл новый элемент – литий. Однако ему так и не удалось выделить металлический литий в виде простого вещества.

- a) i) Почему литий трудно выделить в виде простого вещества? (0,5)
ii) Как следует хранить металлический литий в лаборатории? (0,5)

Соединения лития широко используются в аккумуляторах и в медицине.

- b) Определи степени окисления каждого элемента в следующих веществах:
i) Li_3N ; ii) Li_2CO_3 ; iii) LiAlH_4 . (3)

- c) Закончи следующие уравнения реакций и расставь недостающие коэффициенты:
i) $\text{Li} + \text{N}_2 \rightarrow \dots$; ii) $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$; iii) $\text{Li}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \dots$. (3)

Соли лития используют в лекарствах, влияющих на настроение. Даже прохладительный напиток 7Up содержал вплоть до 1948 года стабилизатор настроения цитрат лития. Впоследствии вместо цитрата лития стали использовать цитрат натрия или цитрат калия ($\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$).

- d) Рассчитай количество ионов калия в ровно 500 см³ прохладительного напитка 7Up, если в напитке содержится 444 мг/дм³ цитрата калия. (3)

Задача 2. Интересные оксиды (10,5 б)

Элемент **X** образует три газообразных оксида, известных человечеству уже столетиями: **A** (массовый процент $w_x = 46,68\%$), **B** ($w_x = 63,65\%$) и **C** ($w_x = 30,45\%$). Бесцветный оксид **A** был долгое время известен лишь как вещество, загрязняющее окружающую среду, однако в 1991 году в Лундском университете в Швеции обнаружили важную роль этого оксида в человеческом организме в качестве сигнальной молекулы. После образования **A** быстро используется, что помогает расслаблять мышцы, уничтожать чужеродные клетки и обновлять воспоминания. У оксида **B** тоже есть интересное биодействие: при вдыхании оксид **B** имеет обезболивающий эффект и вызывает эйфорию. Английский химик Хэмфри Дэви устраивал популярные вечеринки, на которых вдыхали оксид **B**, однако вдыхание оксида **A** чуть не убило его в 1800 году. При реакции красноватого металла **D** и разбавленной сильной кислоты **E** образуются соль **F** ($w_x = 14,94\%$) и оксид **A**, который быстро вступает в реакцию с содержащимся в воздухе простым веществом **G**, образуя красноватое ядовитое вещество **C**. В промышленности же **A** получают путём окисления **H** (состоит из водорода и элемента **X**, $w_x = 82,25\%$) веществом **G** в присутствии платины.

- a) Напиши формулы веществ **A–H** и названия веществ **A–G**. (7,5)
b) Напиши следующие уравнения реакций и расставь коэффициенты:
i) $3\text{D} + \dots\text{E} \rightarrow 2\text{A} + \dots\text{F} + \dots\text{вода}$;
ii) $\dots\text{A} + \dots\text{G} \rightarrow \dots\text{C}$;
iii) $\dots\text{H} + \dots\text{G} \rightarrow \dots\text{A} + \dots\text{вода}$. (2,5)
c) Назови главную проблему окружающей среды, вызываемую оксидами **A** и **C**. (0,5)

Задача 3. Фолиевая кислота (7,5 б)

Витамин В-группы фолиевая кислота (**B9**) – это водорастворимый витамин, не синтезируемый в человеческом организме. Фолиевая кислота нужна в человеческом организме для нормальной работы нервной системы, образования красных кровяных телец, понижения уровня холестерина в крови, стимулирования работы печени, а также для обмена белков,

жиров и углеводов в организме. Советуется употреблять как минимум 400 мкг фолиевой кислоты в день. Фолиевая кислота очень чувствительна к нагреванию и свету, поэтому следует отдавать предпочтение необработанной пище. Недостаток фолиевой кислоты часто возникает у людей, питающихся в основном обработанной или готовой едой и мало употребляющих свежие фрукты и овощи.

	Не обработано (мкг/100 г)	Термически обработано (мкг/100 г)
шпинат	192	94
брокколи	177	77
картошка	125	103
говядина	54	52

Студентке Май хотелось узнать, получает ли она достаточно фолиевой кислоты из еды. К счастью, сестра Май изучала химию в университете, так что она смогла измерить содержание фолиевой кислоты в любимых пищевых продуктах Май, которое приведено в следующей таблице.

- a)** Преобразуй единицы измерения: **i)** 10 мкг = ... г, **ii)** 0,1 г = ... мг. (1)
- b)** Какой из любимых пищевых продуктов Май содержит в термически обработанном виде больше всего фолиевой кислоты? (0,5)
- c)** Май задумала съесть столько шпината, сколько нужно для удовлетворения её суточной потребности в фолиевой кислоте.
- i)** Какова масса необработанного шпината, который Май собралась съесть? (0,5)
- ii)** К сожалению, Май прочитала только раздел с результатами необработанных пищевых продуктов, а страничку, где было написано содержание фолиевой кислоты в термически обработанных продуктах, она пропустила. Поэтому она обжарила шпинат на сковороде вместе с остальными продуктами. Сколько фолиевой кислоты (мкг) Май не получила из-за термической обработки шпината? (1)
- iii)** На следующий день Май приготовила рагу из шпината, брокколи и картошки. Это рагу давало 96 мкг фолиевой кислоты на 100 г блюда и содержало равную массовую долю шпината и брокколи. Сколько граммов шпината, брокколи и картошки содержалось в 100 г рагу? (3,5)
- d)** В теле человека может содержаться до $6,7 \cdot 10^{-5}$ моль фолиевой кислоты, половина которой находится в печени. Молярная масса фолиевой кислоты – 441 г/моль.
- i)** Сколько граммов фолиевой кислоты может содержаться в теле человека? (0,5)
- ii)** Каков максимальный массовый процент фолиевой кислоты в печени, если масса печени равна 1677 г? (0,5)

Задача 4. Уборка дома (12,5 б)

Ученицы Мирьям дома засорилась труба. Чтобы устранить засор, она использовала средство для прочистки труб содержащее сильное основание **A** (массовый процент кислорода $w_O = 40,00\%$). Некоторые средства для прочистки труб содержат напротив сильную двухпротонную кислоту **B** ($w_O = 65,26\%$). При использовании обоих типов средств для прочистки труб необходимо следовать правилам безопасности. При этом никогда нельзя одновременно заливать в один и тот же слив средства для прочистки труб, содержащие основание **A** и кислоту **B**, иначе опасная смесь может выплеснуться из слива (**реакция I**). Так как ликвидация засора прошла у Мирьям великолепно, она решила продолжить помогать маме с работой по дому. Она нашла уксус (раствор этановой кислоты, CH_3COOH) и с его помощью очистила чайник от накипи (**реакция II**). Накипь состоит в основном из соли **C** ($w_O = 47,96\%$), которая также является основным компонентом яичной скорлупы и известняка. Мирьям понравилось наблюдать за реакцией накипи с уксусом и ей захотелось провести ещё несколько домашних химических опытов. Для этого она нагрела кусочек

накипи газовой горелкой, при этом соль **С** разложилась из-за высокой температуры на твёрдый оксид **Д** и газообразный оксид **Е** (**реакция III**). При добавлении воды к оксиду **Д** образовалось малорастворимое сильное основание **Ф**. При пропускании оксида **Е** через водный раствор основания **Ф** раствор помутнел, так как вновь образовалась соль **С** (**реакция IV**).

- a) Назови средства индивидуальной защиты, необходимые при использовании как кислотного, так и основного средств для прочистки труб. (1)
- b) При помощи вычислений, исходя из массового процента кислорода, определи формулу вещества **А**. Запиши также свои расчёты и название вещества **А**. (3)
- c) Определи формулы веществ **В–F** и их систематические названия. (5)
- d) Запиши **реакции I–IV** и расставь в них коэффициенты. (3)
- e) Почему при **реакции I** смесь может выплеснуться наружу? (0,5)

5. XPRIZE Carbon Removal (9,5 б)

В 2021 году объявили конкурс XPRIZE Carbon Removal на 100 миллионов долларов, цели которого – это борьба с главной угрозой человечества, изменением климата и уравнивание круговорота углерода на Земле. По оценке межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) для того, чтобы удержать глобальное повышение температуры ниже 2 °С, необходимо ежегодно (вплоть до 2050 года) связывать из атмосферы $1,0 \cdot 10^{16}$ г диоксида углерода. Рассмотрим некоторые из возможных решений: **a)** посадка деревьев **b)** абсорбция CO_2 гашеной известью ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), **c)** изготовление полиэтилена $(\text{CH}_2)_n$ из CO_2 и **d)** захоронение CO_2 под землёй.

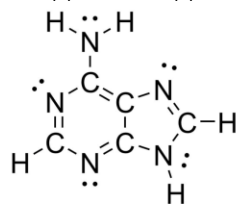
- a) Чему равна площадь, которая потребуется для посадки такого количества деревьев, которое необходимо для связывания $1,0 \cdot 10^{16}$ г CO_2 ежегодно? Во сколько раз эта площадь отличается от площади Европейского Союза ($4,23 \cdot 10^6 \text{ км}^2$)? Предположи, что одно дерево связывает 22 кг CO_2 в год и нуждается в 22 м^2 поверхности земли. (2)
- b) Рассчитай массу CaCO_3 , образующегося при реакции $1,0 \cdot 10^{16}$ г CO_2 с $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Во сколько раз она отличается от массы Великой пирамиды в Гизе ($5,75 \cdot 10^9 \text{ кг}$)? (1,5)
- c) Рассчитай массу полиэтилена $(\text{CH}_2)_n$, получаемого из $1,0 \cdot 10^{16}$ г CO_2 , исходя из следующего суммарного уравнения реакции: $n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_2)_n + 1,5n\text{O}_2$, где n – целое число. Во сколько раз она отличается от массы мирового ежегодного производства пластмасс ($3,7 \cdot 10^{11} \text{ кг}$)? (1,5)
- d) Рассчитай объём подземных полостей, необходимых для захоронения $1,0 \cdot 10^{16}$ г CO_2 в жидком виде ($\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$). Во сколько раз он отличается от объёма Чудского озера (25 км^3)? (1,5)

Содержание диоксида углерода в воздухе измеряется в ppm (миллионная доля) по объёму (ppmv). Так, например, содержание CO_2 в воздухе равняется приблизительно 416 ppmv, то есть один 1 м^3 воздуха содержит $416 \text{ см}^3 \text{ CO}_2$. Так как при постоянном давлении и температуре действует закон Авогадро, то содержание газа, выраженное в объёмной доле, равняется содержанию газа, выраженному в мольной доле. Основным источником выбросов углекислого газа является каменный уголь. В 2019 году при сжигании каменного угля во всём мире было получено 158 ЭДж ($1 \text{ ЭДж} = 10^{18} \text{ Дж}$) энергии.

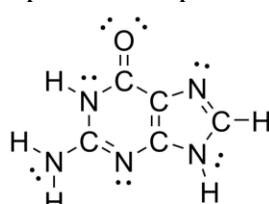
- e) Насколько повысилось содержание CO_2 в воздухе (в ppmv) в 2019 году из-за сжигания каменного угля? Предположи, что каменный уголь состоит из чистого углерода и что сжигание 1 кг каменного угля даёт 30 МДж ($1 \text{ МДж} = 10^6 \text{ Дж}$) энергии. Масса атмосферы Земли – $5 \cdot 10^{18} \text{ кг}$, а средняя молярная масса воздуха – 29 г/моль. Также предположи, что только 50% выделившегося при сжигании CO_2 задерживается в атмосфере (оставшийся CO_2 поглощается в природных процессах, например, растворяясь в океане). (3)

Задача 6. Химические основы жизни (20 б)

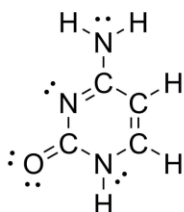
В данной задаче мы рассмотрим происхождение “кирпичиков жизни” – азотистых оснований **A**, **C**, **G**, **T** и **U**. Они содержатся в дезоксирибонуклеиновой и рибонуклеиновой кислотах (соответственно ДНК и РНК), которые имеют ключевое значение для жизненных форм на Земле. В приведённых ниже точечных структурах азотистых оснований у каждого атома C, N и O по восемь электронов на внешней оболочке, которые представлены либо в виде ковалентных связей, либо в виде свободных электронных пар.



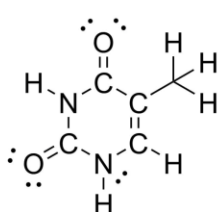
Аденин (**A**)



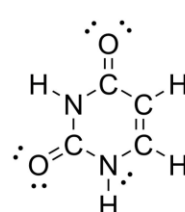
Гуанин (**G**)



Тимозин (**C**)



Түмийн (**T**)



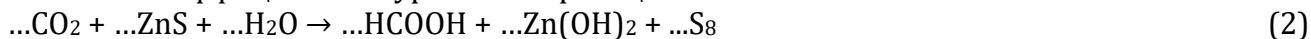
Уратиин (**U**)

Согласно одной из гипотез, азотистые основания могли возникнуть в безжизненных условиях из неорганических соединений: цианистого водорода (HCN), аммиака (NH₃) и воды (H₂O).

a) Определи минимальное количество молекул HCN и H₂O необходимое для получения каждого из азотистых оснований. (2)

В безжизненных условиях (до 540 млн лет н. э.), молекулы HCN и NH₃ образовывались в атмосфере из молекул CO₂ и N₂. Концентрация диоксида углерода в атмосфере безжизненной Земли была в десятки раз выше современной. Для возникновения жизни на Земле, диоксид углерода должен был быть восстановлен до простейших органических соединений, таких как муравьиная кислота (HCOOH). Весьма вероятно, что большую роль в восстановлении диоксида углерода играли минералы, например сульфид цинка.

b) Расставь коэффициенты в уравнении реакции:



c) Напиши уравнение реакции образования NH₃, протекающей на поверхности ZnS схожим образом с реакцией из подпункта **b**). (2)

Аммиак и муравьиная кислота вступали между собой в реакцию, образуя формиат аммония (HCOONH₄). Чистый формиат аммония нестабилен и разлагается на формамид (HCONH₂) и воду. Формамид же разлагается при повышенной температуре, образуя цианистый водород (HCN) и воду (H₂O).

d) Нарисуй точечные структуры формиата аммония и формамида. (2)

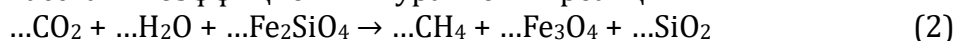
В безжизненных условиях синтез азотистых оснований **A** и **G** мог начаться, когда четыре молекулы HCN соединялись в промежуточный продукт (см рисунок). В ходе этой реакции тройные связи (C≡N) молекулы HCN превращаются в обведённые связи, а атомы водорода меняют свое положение. При реакции этого промежуточного продукта с молекулой HCN

образуется азотистое основание **A**, а с молекулой $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, то есть мочевиной образуется азотистые основания **G**.

e) Обведи в структуре **G** связи C–N, C=N и C=O, происходящие из молекул HCN. (2)

Мочевина и цианоацетилен ($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$) вероятно образовались фотокаталитически из метана. В безжизненных условиях метан мог получаться при реакции диоксида углерода с раскалённым силикатом железа.

f) Расставь коэффициенты в уравнении реакции:

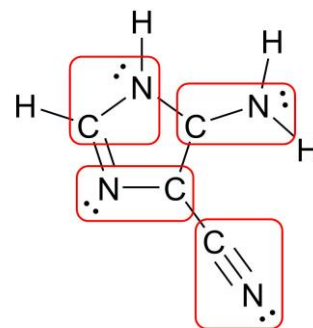


g) Напиши уравнение реакции мочевины и цианоацетилена, в ходе которой образуется соединение **C**. (1)

h) Обведи в структуре **C** цепочку атомов, происходящих из молекулы цианоацетилена. (2)

Основной принцип сохранения биологической информации в ДНК и РНК заключается в образовании водородных связей между азотистыми основаниями. Пары азотистых оснований, связанных между собой, называют спаренными. В ДНК содержатся только **T–A** и **G–C** спаренные основания, а в РНК – **U–A** и **G–C**. На рисунке ниже проиллюстрированные межмолекулярные водородные связи между двух молекул формамида.

i) Нарисуй спаренные основания **T–A** и **G–C**, обозначив пунктирными линиями водородные связи. Подсказка: водородная связь образуется, если свободная электронная пара N или O связывается с атомом водорода из связи N–H. Вместо атомов водорода, обозначенных жирным шрифтом, в структуре ДНК находится атом углерода дезоксирибозы, то есть этот атом водорода **не участвует** в образовании водородной связи. (5)



Vaheprodukt

