

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

10 класс

Задача 1. Колонизация Марса (12 б)

Колонизация Марса представляет большой интерес для человечества. Для устройства постоянной жизни на планете нужно использовать имеющиеся на поверхности оксиды (например CaO , CrO_3 , K_2O , MgO , Na_2O , P_4O_{10} , SiO_2 , TiO_2) и присутствующие в атмосфере газы (95% CO_2 , 3% N_2 , 2% Ar по объёму).

а) Какие из содержащихся на поверхности Марса оксидов изменяют среду водного раствора на **i)** кислую, **ii)** основную и **iii)** нейтральную? (4)

б) Рассчитай среднюю молярную массу “воздуха” на Марсе. (2)

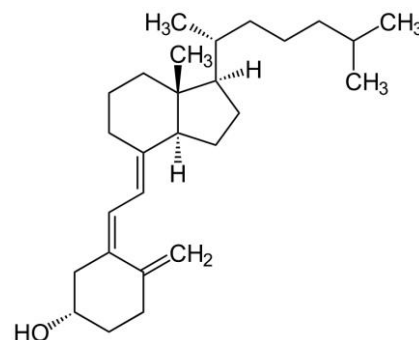
Круговорот воды и наличие жидкой воды необходимы для того, чтобы сделать природные условия на Марсе схожими с земными. Для того, чтобы вода на поверхности Марса могла быть жидкой, нужно создать на планете более плотную атмосферу с более высокой средней температурой. Для повышения температуры атмосферы самым эффективным методом является использование парникового эффекта. Парниковый эффект вызывают накапливающиеся в атмосфере парниковые газы. Каждое из следующих уравнений реакций содержит по меньшей мере один парниковый газ.

с) Расставь коэффициенты в уравнениях реакций: **i)** $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$;
ii) $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$; **iii)** $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; **iv)** $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$. (4)

д) Уменьшается, увеличивается или остается прежним количество парниковых газов в реакциях **i)–iv)**? (2)

Задача 2. Витамин D (8 б)

Эстония расположена на широте, где количество солнечного света зачастую ограничено. А поскольку входящее в состав солнечного света УФ-излучение необходимо для синтеза витамина D, то 75% жителей Эстонии испытывают нехватку этого витамина. Также, поскольку все люди разные, не существует точно установленного “правильного” уровня витамина D, вместо этого есть т. н. оптимальный интервал (75–125 нмоль·дм³). Витамин D крайне необходим для нормальной работы организма, так как он снижает риски возникновения многих заболеваний: сахарного диабета, высокого кровяного давления и по некоторым сведениям даже злокачественных опухолей. Однако, избыток витамина D может вызвать отравление. Для восполнения недостатка витамина используются содержащие витамин D препараты. Один из самых распространенных таких препаратов – это D₃ или холекальциферол (см. рисунок). Мама Энэ дала своему младенцу витамин D, на банке которого была написана рекомендуемая доза 5 капель в день (1 капля = 0,030 см³). Желая быть совершенно уверенной в здоровье своего ребенка, она решила дать ему 2,0 мл. Через пару недель здоровье ребенка ухудшилось, и он начал терять в весе, так как у ребенка произошло отравление витамином D.



а) Напиши брутто-формулу D₃. (1)

б) Рассчитай рекомендуемое количество (пмоль) и массу (мкг) витамина D₃ для маленького ребенка (0–12 месяцев), если в одной капле содержится 80 IU. 1 IU витамина D₃ = 0,30 пмоль. (4)

с) Рассчитай концентрацию рекомендуемой дозы (мкмоль·дм⁻³). (2)

д) Во сколько раз Энэ превысила рекомендуемую дозу? (1)

Задача 3. Формула-1 (12 б)

Гонки на автомобилях проводятся с тех пор, как в мире появились автомобили. На сегодняшний день гоночная трасса Формула-1 привлекает внимание наибольшего числа зрителей. Участвующие в состязании команды тратят огромные средства ради того, чтобы именно их автомобили оказался самым быстрым, эффективным и аэродинамичным. Правильный выбор топлива является важной частью гонки, поскольку от этого зависит, насколько быстро можно будет ехать, какой мотор должен быть у автомобиля и какие риски с этим связаны.

а) Напиши уравнения реакций полного сгорания **i)** октана, **ii)** водорода и **iii)** этанола. (3)

Существует общее правило для гоночных автомобилей: чем больше энергии высвобождается при сгорании топлива и чем меньше его масса, тем лучше. В связи с этим топливо характеризуется плотностью энергии на единицу массы $EM \approx Q/m$, где Q – это выделяющаяся при горении теплота, а m – это масса объекта. При расчете EM автомобиля учитывается масса всего автомобиля, в случае конкретного топлива $EM \approx -\Delta H_c/M$, где ΔH_c – энтальпия сгорания топлива, а M – это его молярная масса.

В-во	Энтальпия образования [кДж·моль ⁻¹]
CO ₂	-393,5
H ₂ O	-285,8
C ₈ H ₁₈	-249,7
C ₂ H ₅ OH	-277,1

б) Рассчитай плотность энергии на единицу массы для

i) октанового, **ii)** водородного и **iii)** этанолового топлива. (5)

Пилоты Макс и Льюис соревнуются за титул чемпиона Формулы-1. Используй приведенные ниже данные, чтобы предсказать победителя. Предположи, что автомобили вмещают по 110 кг топлива.

Водитель	Макс	Льюис
Топливо	85% октан, 15% этанол	88% октан, 12% этанол
КПД мотора	44%	47%
Потери энергии в связи с сопротивлением воздуха	14%	17%
Масса кузова машины	740 кг	750 кг
Масса мотора	150 кг	160 кг

в) Оцени плотность энергии на единицу массы автомобилей

i) Макса и **ii)** Льюиса в начале заезда, когда баки заполнены топливом полностью. (4)

Задача 4. Страна самоцветов (8 б)

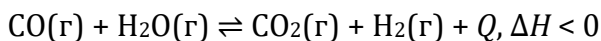
Во вселенной японской манги “Страна самоцветов” (Land of the Lustrous) существуют бессмертные существа – человекоподобные самоцветы, чьи имена соответствуют названиям минералов. Главную героиню зовут Фосфофиллит (минерал **I**). Она – это редкий зеленоватый минерал, который представляет собой тетрагидрат фосфата металлов **A** ($w_A = 29,15\%$) и **B** ($w_B = 12,45\%$), $A_2B(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$. На ночном дозоре стоит Киноварь (минерал **II**) – самоцвет с красными волосами, чье тело источает яд. Киноварь является сульфидом металла **C** ($w_C = 86,22\%$), причем металл **C** действительно может вызвать отравление. Самоцвета-медика, чья работа чинить другие самоцветы, зовут Рутил (минерал **III**). Рутил – это оксид металла **D** ($w_D = 40,07\%$), который часто используется в качестве белого пигмента или пищевой добавки. Загадочный самоцвет Антарктицит (минерал **IV**) появляется только зимой, когда все остальные самоцветы впадают в спячку. Особенностью персонажа является то, что в остальные времена года она жидкая, но с наступлением зимы кристаллизуется. В реальности же антарктицит является кристаллогидратом хлорида щелочноземельного металла **E** ($w_{H_2O} = 49,34\%$). Соль ESl_2 используется в лаборатории для осушения веществ. Антарктицит был открыт в самом соленом озере Антарктики, где его кристаллы как лежали на дне, так и плавали на поверхности.

а) Определи элементы **A–E** при помощи расчетов. (5)

б) Напиши номенклатурные названия минералов **I–IV**. (3)

Задача 5. Равновесие реакции сдвига водяного газа (10 б)

Реакция сдвига водяного газа – это равновесная реакция для производства водорода:



Константа равновесия реакции выражается следующим образом:

$$K = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$$

а) При каких приведенных значениях константы равновесия количество продуктов больше количества реагентов при условии, что между собой прореагировали 1 моль СО и 1 моль H_2O ? Варианты: **i)** $K = 2$; **ii)** $K = 1$; **iii)** $K = \frac{1}{2}$. (2)

б) Как влияют приведенные ниже факторы на равновесие реакции? Варианты: **1)** смещает в сторону СО и H_2O ; **2)** смещает в сторону CO_2 и H_2 ; **3)** не влияет. (4)

i) Повышение давления.

ii) Повышение температуры.

iii) Удаление из системы СО.

iv) Добавление в систему CO_2 .

Взяли две одинаковые емкости. В первую добавили 1 моль СО и 1 моль H_2O , во вторую 1 моль CO_2 и 1 моль H_2 .

с) Какое из следующих утверждений верно описывает химическое равновесие? Поясни свой ответ. (2)

i) В первой емкости количество СО и H_2O больше, чем во второй емкости.

ii) В первой емкости количество СО и H_2O меньше, чем во второй емкости.

iii) Количество СО и H_2O в обеих емкостях равно.

В третью ёмкость добавили равновесную смесь реагентов и продуктов, а СО поместили изотопом ^{14}C .

д) Какое из следующих утверждений верно описывает смесь по истечению длительного промежутка времени? Поясни свой ответ. (2)

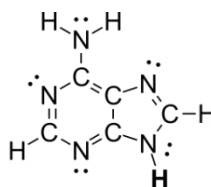
i) Атомы изотопа ^{14}C перераспределились между СО и CO_2 .

ii) Все молекулы СО содержат изотоп ^{14}C .

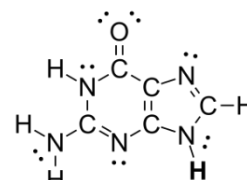
iii) Все молекулы CO_2 содержат изотоп ^{14}C .

Задача 6. Химические основы жизни (20 б)

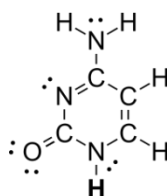
В данной задаче мы рассмотрим происхождение “кирпичиков жизни” – азотистых оснований А, С, G, Т и U. Они содержатся в дезоксирибонуклеиновой и рибонуклеиновой кислотах (соответственно ДНК и РНК), которые имеют ключевое значение для жизненных форм на Земле. В приведённых ниже точечных структурах азотистых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



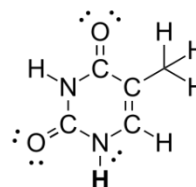
Аденин (А)



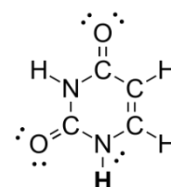
Гуанин (G)



Цитозин (С)



Тимин (Т)



Урацил (U)

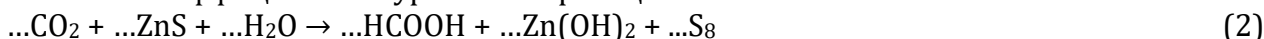
Согласно одной из гипотез, азотистые основания могли возникнуть из неорганических соединений: цианистого водорода (HCN), аммиака (NH_3) и воды (H_2O).

а) Определи минимальное количество молекул HCN и H_2O необходимое для получения каждого из азотистых оснований. (2)

В безжизненных условиях (до 540 млн лет н. э.), молекулы HCN и NH_3 образовывались в атмосфере из молекул CO_2 и N_2 . 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 (НСООН). Весьма вероятно, что большую роль в восстановлении диоксида углерода играли минералы, например сульфид цинка.

b) Расставь коэффициенты в уравнении реакции:

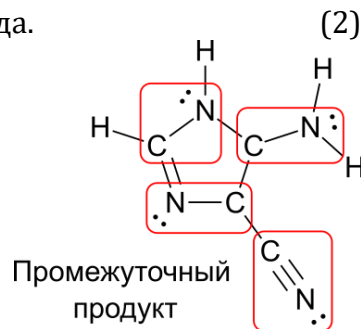


c) Напиши уравнение реакции образования NH_3 , протекающей на поверхности ZnS схожим образом с реакцией из подпункта **b)**. (2)

Аммиак и муравьиная кислота вступали между собой в реакцию, образуя формиат аммония (НСOONH_4). Чистый формиат аммония нестабилен и разлагается на формамид (НСONH_2) и воду. Формамид же разлагается при повышенной температуре, образуя цианистый водород (HCN) и воду (H_2O).

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

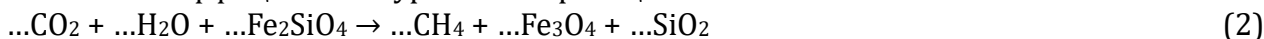
В безжизненных условиях синтез азотистых оснований **A** и **G** мог начаться, когда четыре молекулы HCN соединялись в промежуточный продукт (см рисунок). В ходе этой реакции тройные связи ($\text{C}\equiv\text{N}$) молекулы HCN превращаются в обведённые связи, а атомы водорода меняют свое положение. 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 $\text{C}-\text{N}$, $\text{C}=\text{N}$ и $\text{C}=\text{O}$, 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.

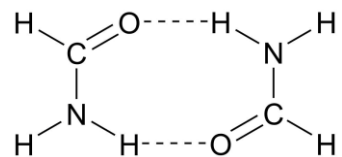
f) Расставь коэффициенты в уравнении реакции:



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)