

**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2018/19 уч.г.
9 и 10 классы**

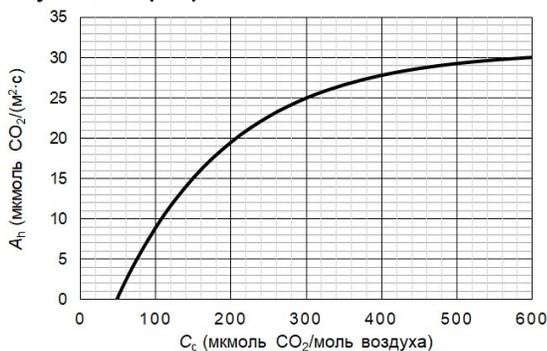
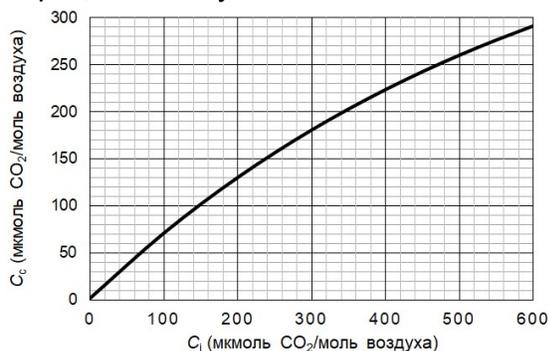
Задача 1. Еда клубники

Кроме фосфора и азота, важным питательным элементом для растений является калий, при отсутствии которого листья растений начинают желтеть по краям и становятся коричневыми. Зачастую в качестве богатого калием удобрения используют сульфат калия, потому что содержащаяся в нем сера также важна для жизнедеятельности растений.

- а) Сульфат калия производят в ходе процесса, где диоксид серы, водяной пар и кислород проводят через горячий хлорид калия. Напиши уравнения двух реакций, которые происходят при производстве сульфата калия. *Подсказка: в первой реакции образуется кислота.* (1)
- б) При поливке клубники содержание ионов калия в воде должно быть 220 мг/дм^3 . В Нымме концентрация хлорид-ионов в питьевой воде равна в среднем 75 мг/дм^3 , а концентрация ионов калия $6,7 \text{ мг/дм}^3$. Растению клубники вредит концентрация хлорид-ионов в поливной воде выше 3 ммоль/дм^3 . Покажи с помощью вычислений, можно ли для получения достаточного количества калия добавить в питьевую воды Нымме в качестве удобрения хлорид калия? (1)
- в) Ион калия играет важную роль в усваивании углекислого газа и, соответственно, регуляции фотосинтеза. Закончи уравнение фотосинтеза. (1)



Концентрация CO_2 в межклеточном пространстве растения клубники (C_i , мкмоль/моль) зависит от концентрации CO_2 во внешнем воздухе C_a (мкмоль/моль) соответственно следующему выражению: $C_i = 0,84C_a - 38,4$ мкмоль/моль. При фиксированной температуре и освещенности, концентрация CO_2 в хлоропластах C_c определяет скорость усваивания CO_2 из воздуха A_h на единицу площади листьев. Зависимость C_c от величины C_i , а также зависимость A_h от величины C_c при определенных условиях показана на следующих графиках:



- д) В наше время среднее содержание CO_2 в воздухе равно 410 мкмоль/моль, однако перед промышленной революцией оно было 280 мкмоль/моль. Рассчитай, на какую массу больше глюкозы производит за час одно растение клубники (площадь листьев 2000 см^2) сейчас, по сравнению со временем перед промышленной революцией. (7)
- е) Можем ли мы сделать вывод, что продолжающиеся выбросы CO_2 фоссильного происхождения хорошо влияют на рост клубники? Обоснуй свой ответ. (1) **11 p**

Задача 2. Соединения металлов в глазури

Глазурь – это тонкий защитный слой, покрывающий керамические изделия. В глазурях всемирно известного фарфора, происходящего из Китая, используется оксид **X1** металла **A** (процентное содержание кислорода по массе $\omega_o = 21,35\%$), который

дает фарфору характерный синий цвет. Также известна Месопотамская керамика, в глазурях которой использовался оксид **Y1** металла **B** ($\omega_o = 7,168\%$), поскольку этот оксид обладает достаточно низкой температурой плавления.

a) С помощью расчетов, идентифицируй металлы **A** и **B**. (5)

Оксиды **X1** и **Y1** можно получить при термическом разложении соответствующих смешанных оксидов **X2** ($\omega_o = 26,58\%$) и **Y2**, причем при разложении равных количеств веществ **X2** и **Y2** выделяется одинаковое количество газа. Смешанные оксиды - это оксиды, в которых металл обладает одновременно несколькими разными степенями окисления.

b) С помощью расчетов, идентифицируй эмпирические формулы смешанных оксидов **X2** и **Y2**. (2)

При восстановлении 12,04 г **X2** с помощью Na_2SO_3 в подкисленном серной кислотой водном растворе образуется 7,10 г сульфата натрия. При реакции 0,100 моля **Y2** с азотной кислотой образуется 0,200 моля растворимой в воде соли, а также выпадающее в осадок соединение и 3,61 см³ воды ($\rho_{\text{вода}} = 997 \text{ кг/м}^3$)

c) Напиши уравнения происходящих реакций и найди степени окисления металлов **A** и **B** в их смешанных оксидах. (4) 11 p

Задача 3. Старый подсвечник

Ити нашла в бабушкином подвале чугунный подсвечник и решила покрыть его слоем цинка, используя гальваностегию. Метод основан на электролизе, проходящем в растворе соли цинка. В подвале Ити нашла и пару батареек, старую немецкую монету из цинка времен II мировой войны, стеклянную банку из-под повидла, провода и дедушкину паяльную жидкость, которая является раствором хлорида цинка.

a) Выбери из перечня средства, которые Ити должна использовать в качестве **i)** анода и **ii)** катода: подсвечник из чугуна, батарейка, монета из цинка, стеклянная банка из-под повидла, провода, паяльная жидкость (1)

b) Напиши уравнения полуреакций, протекающих на **i)** аноде и **ii)** катоде. (1,5)

c) Ити хочет, чтобы толщина слоя цинка на подсвечнике была хотя бы 10,0 мкм. Какой промежуток времени потребуется девочке для электролиза раствора при силе тока 0,20 А, чтобы получить слой такой толщины? Площадь подсвечника равна 380 см², а плотность цинка равна 7,14 г/см³. (2,5)

Число Фарадея $F=96485 \text{ Кл/моль}$. В расчетах предположи, что весь заряд используется для осаждения цинка.

Ити слышала, что натрий изначально изготавливали путем электролиза. Для получения этого интересного металла девочка взяла пищевую соль, растворила ее в воде и провела электролиз полученного раствора, используя электроды, изготовленные из простого карандаша. Однако, к огорчению Ити, натрия не образовалось – вместо этого, на обоих электродах выделился газ.

d) Напиши уравнения полуреакций, протекающих при электролизе водного раствора хлорида натрия на **i)** аноде и **ii)** катоде, а также **iii)** уравнение суммарной реакции. (1,5)

e) Каким образом все же можно получить натрий путем электролиза хлорида натрия? (0,5) 7 p

Задача 4. Производство

Производство железа является важной отраслью промышленности. Железо производят преимущественно из руд (напр. Fe_2O_3 , Fe_3O_4) в доменных печах при очень высокой температуре и восстановительных условиях. В этих печах происходят следующие реакции: **(1)** кокс (топливо, состоящее из почти чистого углерода) реагирует с кислородом, образуя угарный газ; **(2)** угарный газ реагирует с рудой, образуется оксид железа(II); **(3)** оксид железа(II) реагирует с угарным газом и

образуется чистое железо.

а) Напиши уравновешенные уравнения реакций **(1)–(3)**, если в качестве руды используется магнетит (Fe_3O_4). (1,5)

В приведенной ниже таблице даны стандартные энтальпии образования и молярные энтропии веществ при 25 °С.

	$\text{CO}_2(\text{г})$	$\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{тв})$	$\text{CO}(\text{г})$	$\text{Fe}(\text{тв})$	$\text{C}(\text{тв})$	$\text{FeO}(\text{тв})$
ΔH_f° (кДж·моль ⁻¹)	-393,5	-1118,4	-110,5	0	0	-272
S_m° (Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹)	213,7	146,4	197,7	12,4	5,8	60,8

б) Рассчитай стандартные изменения энтальпии для реакций **(2)** и **(3)** при 25 °С. (1,5)
Высокоочищенное железо можно также получить, используя в качестве восстановителя водород.

с) Рассчитай стандартное изменение энтальпии для реакции получения железа $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{тв}) + 4\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow 3\text{Fe}(\text{тв}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ при 25 °С, если в добавок к приведенным в таблице данным известно, что стандартное изменение энтальпии для реакции $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ равно $\Delta H_r^\circ = 41,2$ кДж. (2)

Реакцию называют самопроизвольной или спонтанной, если она проходит без влияния извне от исходных веществ в сторону образования продуктов. Для оценки спонтанности реакции используют изменение свободной энергии Гиббса, которое зависит от изменения энтальпии и изменения энтропии реагирующей системы. Энтропия – мера неупорядоченности системы. Изменение свободной энергии Гиббса ΔG можно рассчитать по следующей формуле, используя изменение энтальпии ΔH , температуру T и изменение энтропии системы ΔS : $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Если изменение свободной энергии Гиббса имеет отрицательное значение, то реакция спонтанна.

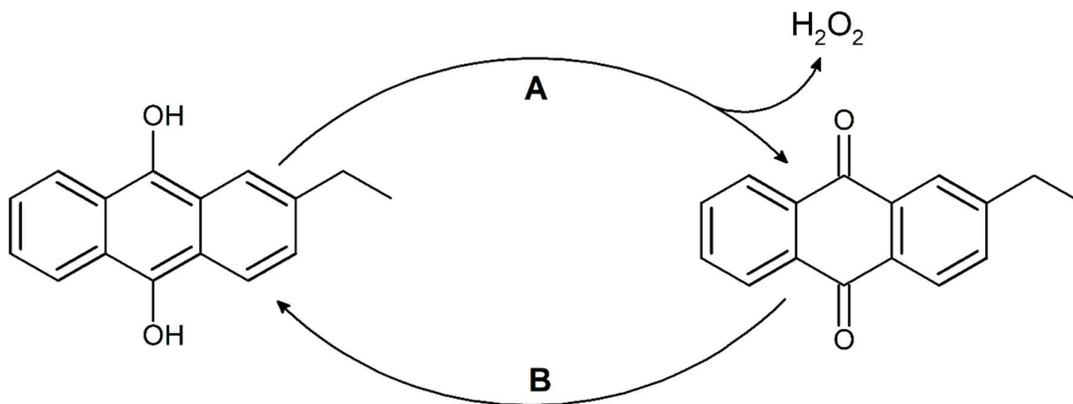
д) Рассчитай температуру, начиная с которой реакция **(2)** становится спонтанной. (1,5)
Кроме чугуна и стали, из железа можно изготовить и прочие сплавы. Примером такого сплава является инвар, из которого делают детали точных приборов измерения, поскольку он обладает малым коэффициентом линейного теплового расширения. Инвар состоит из железа и никеля.

е) Для определения состава инвара провели реакцию 10,62 г сплава с избытком соляной кислоты. Образовались соли с одинаковыми степенями окисления металлов и водород, объем которого при нормальных условиях ($V_m = 22,41$ дм³/моль) после высушивания равен 4,185 дм³. Рассчитай процентное содержание (по массе) железа в инваре. (3,5)

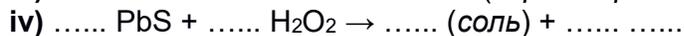
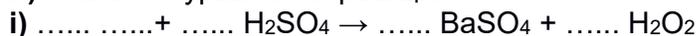
ф) Рассчитай, сколько кг инвара можно изготовить из 1,00 тонны руды, которая содержит 85,7% магнетита? Можешь предположить, что потери отсутствуют. (Если у тебя не получилось рассчитать в пункте **е**) состав инвара, то используй здесь для расчетов сплав, содержащий по 50,00% обоих металлов.) (1) **11 р**

Задача 5. Ракетное топливо

а) Приведенную ниже реакцию используют для промышленного производства пероксида водорода. Напиши формулы реагентов **A** и **B**. (1)



b) Закончи уравнения реакций:



Подсказка: в реакции образуются A и X1, а также X2, причем X1 и X2 – соли, состоящие из двух элементов. (6)

c) Оценка приблизительной температуры кипения пероксида водорода при атмосферном давлении – около 150 °С. Почему не известна точная температура кипения? (0,5)

Реакцию разложения пероксида водорода b) ii) можно использовать в ракетных двигателях. Разложение пероксида водорода вызывают с помощью твердого катализатора.

d) Какова масса чистого пероксида водорода, которую надо взять для разложения в ракетном двигателе объемом 2,00 дм³, чтобы достичь давления в 20,0 атм? Предположи, что реакция происходит мгновенно, потери тепла о стены отсутствуют, а теплоемкость образующегося водяного пара и кислорода не зависит от температуры. Температура в двигателе до реакции равна 25 °С; при разложении одного моля жидкого пероксида водорода выделяется 54 кДж энергии. C(H₂O) = 33,58 Дж·К⁻¹·моль⁻¹; C(O₂) = 29,36 Дж·К⁻¹·моль⁻¹; C описывает теплоёмкость и равно количеству теплоты, необходимой для поднятия температуры 1 моля вещества на 1 градус. Продукты разложения ведут себя как идеальные газы, и действует соотношение pV = nRT, где R = 0,08206 дм³·атм·К⁻¹·моль⁻¹ (4,5) 12 p

Задача 6. Человеческий организм и pH

В организме человека имеются как кислотные, так и основные системы. Одна из кислотных жидкостей – это желудочный сок, величина pH которого может заметно меняться в течение дня.

a) Какова концентрация HCl в желудочном соке, если величина его pOH равна 12,3? Предположи, что желудочному соку придает кислотность исключительно HCl. (1,5)

По сравнению с желудочным соком уровень pH в крови зафиксирован намного точнее. Его величина может изменяться только в пределах 0,1 единицы pH – чуть большие отклонения уже могут вызвать серьезное недомогание. Величину pH крови преимущественно регулирует гидрокарбонатная буферная система, однако важную роль играет еще одна буферная система. Известно, что дополнительную буферную

систему образуют гидросоли кислоты, которая содержит 3,086% водорода и 65,31% кислорода.

b) Напиши эмпирическую формулу кислоты, гидросоли которой участвуют в дополнительной буферной системе. (1)

c) Напиши структурные формулы и наименования для найденной в пункте **b)** кислоты, а также всех анионов, которые могут из нее образоваться. (2)

d) Напиши уравнения равновесных реакций, которые протекают с растворенными в крови веществами в гидрокарбонатной буферной системе, если выражения констант равновесия для этих реакций являются следующими: $K_1 = \frac{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}{c(\text{CO}_2)}$ ja

$$K_2 = \frac{c(\text{HCO}_3^-)c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}$$

В выражениях констант равновесий для разбавленных растворов не пишется участвующий в реакции растворитель. Величина константы тем меньше, чем меньше произведение концентраций продуктов. (2)

e) Каково выражение для суммарной равновесной константы (K) этих двух реакций? (1)

f) Рассчитай отношение концентраций находящихся в крови гидрокарбоната и растворенного углекислого газа ($pK = 6,1$; уровень pH в крови равен 7,4).

Отрицательный десятичный логарифм $-\log$ обозначают как p . "log" означает нахождение десятичного логарифма: если $a = 10^x$, то $\log(a) = x$ (1,5) **9 p**

Задача 7. Водородная энергетика

Водород находится в центре внимания из-за своей большой энергетической плотности по массе, а также возможности не использовать ископаемые топлива для его производства. Теплотворности водорода и метана можно измерить бомбовым калориметром. Для этого в бомбовый калориметр добавили в одном случае 0,25 г водорода, а в другом случае 1,00 г метана, и затем поместили калориметр в 1,25 дм³ ($\rho = 1,00 \text{ г/см}^3$) воды. Находящийся в калориметре газ подожгли, причем температура воды повысилась из-за выделяющегося тепла в случае водорода на 6,78 К, а в случае метана на 10,60 К.

a) Рассчитай теплотворности метана и водорода (МДж/кг), если удельная теплоемкость воды равна 4190 Дж/(кг °С). (2,5)

Одним из главных методов производства водорода является реакция конверсии метана. Это двухступенчатый процесс, где в **I этапе** метан реагирует с водой, в ходе чего выделяется водород и угарный газ. Во **II этапе** полученный угарный газ в свою очередь реагирует с водой.

b) Напиши уравнения реакций, протекающих в **I и II этапе** реакции конверсии метана. (1)

c) Рассчитай энергию, необходимую для производства одного моля водорода из метана, если энтальпии реакций в **I и II этапе** соответственно равны 206 кДж и -41 кДж. (1,5)

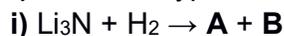
d) Во сколько раз отличается энергия, полученная при сгорании 1 кг метана, от энергии, полученной при сгорании водорода, произведенного из 1 кг метана? Учи также энергию, потраченную на производство водорода. Предположи, что энергетические потери при производстве водорода отсутствуют. (4)

Водород можно получить и абсолютно без участия ископаемых топлив, путем электролиза. Энергию, необходимую для электролиза, можно получить с помощью возобновляемых источников энергии.

e) Напиши уравнения полуреакций, протекающих на катоде и аноде при электролизе воды в щелочной среде. (1)

Хотя водород и обладает большой энергетической плотностью на единицу массы, он газообразен при нормальных условиях, что делает проблематичными его транспортировку и использование в качестве топлива. Одно из возможных решений – перевести водород в состав легко разлагаемого химического соединения. Одно из соединений, которые реагируют с водородом и помогают обеспечить обратимое хранение водорода, это Li_3N . При низком давлении и температуре Li_3N реагирует с водородом в два этапа таким образом, что в каждом из этапов один атом водорода восстанавливается, а другой окисляется. При высокой температуре и понижении давления эти реакции становятся обратимыми, обеспечивая выделение водорода.

f) Напиши уравнения двух этапов реакции, подходящей для сохранения водорода:



Ты едешь на водородном автомобиле из Таллинна в Тарту (185 км) со средней скоростью 90 км/ч, причем электрический мотор автомобиля работает со средней мощностью 50 кДж/с, а его коэффициент полезного действия равен 90%.

g) Рассчитай массу водорода, необходимую для преодоления этого расстояния, если 50% от высвобождающейся при окислении водорода энергии переводится в электрическую энергию. (2,5) 14 p

Задача 8. Соревнование химиков

Интересующийся химией ученик Юра поспорил с одноклассником, кто из них быстрее сможет идентифицировать 8 неизвестных солей A–F, используя минимальное количество подручных средств.

	A	B	C	D	E	F	NaOH
A		ярко-оранжевый осадок	–	белый осадок	гидролиз желтый осадок	черный осадок	разлагается желтый осадок
B	ярко-оранжевый осадок		ярко-желтый осадок	разлагается темный осадок	–	–	–
C	–	ярко-желтый осадок		белый осадок	Белый осадок	черный осадок	белый осадок
D	белый осадок	разлагается темный осадок	белый осадок		–	коричневый осадок	синий осадок
E	гидролиз желтый осадок	–	белый осадок	–		гидролиз запах тухлого яйца белый осадок	белый осадок
F	черный осадок	–	черный осадок	коричневый осадок	гидролиз запах тухлого яйца белый осадок		–
NaOH	разлагается желтый осадок	–	белый осадок	синий осадок	белый осадок	–	

Можешь предположить, что в случае солей, отмеченных в таблице как малорастворимые, выделится осадок.

Возможные ионы в солях **A–F**:

анионы: Cl^- ; Br^- ; I^- ; NO_3^- ; SO_4^{2-} ; S^{2-} ; PO_4^{3-} и

катионы: Na^+ ; Ba^{2+} ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Fe^{2+} ; Zn^{2+} ; Cu^{2+} ; Pb^{2+} ; Hg^{2+} .

*Подсказка: в солях **A** и **C** содержится тот же анион.*

а) Помоги однокласснику выиграть и определи соли по реакциям между их растворами, используя таблицу растворимостей. **12 p**

Задача 9. Мистические соли

Соли **A–D** содержат пять элементов. При реакции всех солей с водным раствором сильного основания образуется газ **K**, обладающий острым запахом. Все соли при высокой температуре распадаются, не образуя твердого остатка. При разложении данных солей кроме газа **K** и воды может образоваться пять разных газов, причем одна из четырех солей может разлагаться соответственно двум разным уравнениям реакции. При разложении соли **A** выделяются только газы **K** и **L** (плотность газа **L** в 2,14 раз больше плотности **K**). Газообразное простое вещество **M** может образоваться при разложении двух разных солей, **B** или **C**. **B** и **C** состоят из одних и тех же трех элементов, однако молярная масса **C** в 1,25 раз меньше молярной массы **B**. Газ **N** образуется только из соли **D**, причем это единственная соль, которая содержит четыре различных элемента. Плотность газа **O** равна плотности газа **N**, причем **O** может образоваться из соли **B**, молярная масса которого самая высокая из всех четырех солей. Газ **P** – это простое вещество, которое может образоваться в одной из тех реакций разложения, которая дает газ **M**.

а) Напиши формулы и наименования солей **A–D** и газов **K–P**. **(10)**

б) Напиши пять уравнений для реакций разложения **A–D**. **(3) 13 p**