

**Задачи регионального тура олимпиады по химии 2018/2019 уч.г.  
10 класс**

**Задача 1. Реакции и свойства (12 б)**

- a)** Напиши уравнение реакции для лабораторного получения  $H_2$ , если можно использовать следующие вещества:  $H_2O$ ,  $Al$ ,  $Zn$ ,  $NaOH$ ,  $HCl$ ,  $SiO_2$ ,  $Cl_2$ ,  $C_6H_6$ . (1)
- b)** Расположи в порядке возрастания температур плавления (при нормальном давлении) следующие растворы и вещества:  $Fe$ , 96% этанол, дистиллированная вода,  $NaCl$ ,  $Hg$ , морская вода,  $Al$ , парафин. (4)
- c)** Закончи следующие уравнения реакций. Расставь коэффициенты и напиши, какие элементы выступают в роли окислителей, а какие в роли восстановителей.
- i)**  $CH_4 + O_2 \rightarrow \dots$  (полное сгорание)
- ii)**  $K_2Cr_2O_7 + HCl \rightarrow KCl + CrCl_3 + Cl_2 + \dots$  (3)
- d)** Рассчитай, сколько граммов  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  и воды нужно смешать, чтобы приготовить 250 граммов раствора, солёность которого была бы как в Балтийском море: 7,00‰ (1‰ = 1/1000). (3)
- e)** Из-за гидролиза раствор бельевой соды имеет щелочную реакцию. Чему равен рН такого раствора, если  $c(OH^-) = 0,0010 M$ ?  $pH = -\log(c(H^+))$  (1)

**Задача 2. Капельный анализ (10 б)**

Химику дали задачу определить неорганические вещества **A–F**, находящиеся в шести растворах. Все растворы были прозрачные и без осадка. Для определения веществ химик провёл с растворами капельные реакции, записывая свои наблюдения в таблицу. В результате реакций не образовалось гидролизующихся соединений. Про растворы известно, что они не содержат ионы  $K^+$  и  $Br^-$ , а также то, что каждый ион встречается только в одном из растворов.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
<b>A</b>		выделилось много газа	Н (белый осадок)	–	–	Н (белый осадок)
<b>B</b>	выделилось много газа		Н (белый осадок)	Н (белый осадок)	М	Н (белый осадок)
<b>C</b>	Н (белый осадок)	Н (белый осадок)		–	–	Н (ярко-жёлтый осадок)
<b>D</b>	–	Н (белый осадок)	–		Н (белый осадок)	М
<b>E</b>	–	М	–	Н (белый осадок)		Н (белый осадок)
<b>F</b>	Н (белый осадок)	Н (белый осадок)	Н (ярко-жёлтый осадок)	М	Н (белый осадок)	

М – малорастворимо; Н – не растворяется в воде

Химик также добавил к раствору вещества **A** раствор  $Na_2S$ , в результате чего он почувствовал запах тухлого яйца, а к раствору вещества **E** раствор  $NH_4Cl$ , в результате чего он почувствовал запах нашатырного спирта. Все ионы, кроме

катиона **X**, присутствуют в таблице растворимости. Элемент, образующий катион **X**, может образовывать анион **X'**, который присутствует в составе соединения  $\text{LiAlX}'_4$ . Соединение  $\text{LiAlX}'_4$  используют для создания соответствующих гидридов из галогенидов металлов. В состав вещества **D** входит катион **Y**, который образуется из металла **Z**, относящегося ко второй группе. Горение данного металла нельзя потушить углекислым газом. Только  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  дал ярко-желтый осадок в ходе капельных реакций. Больше всего атомов содержит анион, количество атомов которого можно получить, прибавив три к заряду катиона **Y**. Соль **B** используется в быту, а катионом соли **C** является самый тяжёлый металл, гидроксид которого растворим в воде.

- a)** Из каких катионов и анионов состоят растворы соединений **A–F**? (6)  
**b)** Напиши уравнения реакций **A** +  $\text{Na}_2\text{S}$  и **E** +  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . (2)  
**c)** Напиши уравнения реакций  $\text{LiAlX}'_4$  +  $\text{NaCl}$  и **Z** +  $\text{CO}_2$ . (2)

### Задача 3. Алюминий из боксита (9 б)

Производство алюминия – это крупнейшая ветвь цветной металлургии, являющаяся большим источником эмиссии  $\text{CO}_2$ . В основном алюминий производят из боксита, главный компонент которого  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , а в качестве примесей встречаются  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{CaCO}_3$ . В ходе процесса Байера боксит растворяют при высоком давлении в горячем концентрированном растворе  $\text{NaOH}$ , в результате чего образуется комплекс **X**. Оставшиеся примеси отделяют фильтрованием. При охлаждении фильтрата и понижении давления получают кристаллический  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , при нагревании которого образуется чистый оксид алюминия.

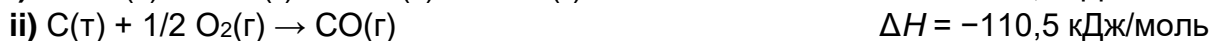
- a)** Добавь недостающие компоненты и расставь коэффициенты в уравнение реакции, в ходе которой в процессе Байера получают вещество **X** из  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . (1)  
**b)** Напиши уравнения реакций примесей, содержащихся в боксите, с  $\text{NaOH}$ . (3)  
В ходе процесса Холла-Эру  $\text{Al}_2\text{O}_3$  растворяют в криолите ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), т.к температура плавления полученной смеси значительно ниже температуры плавления чистого оксида алюминия. Полученный раствор затем электролизуют на углеродных электродах в электрохимической ячейке.  
**c)** Напиши уравнения реакций для процессов, происходящих на катоде и на аноде. (2)  
**d)** Взяв за силу тока электролиза  $200 \text{ кА}$ , рассчитай, сколько тонн  $\text{Al}$  произвёл бы средний электролизер, если бы он непрерывно работал целый год.  $F = 96485 \text{ Кл/моль}$ . (2)  
**e)** Рассчитай, сколько лет ушло бы у одного гектара леса, чтобы поглотить весь углекислый газ, который выделяется при производстве  $100$  тонн чистого алюминия. При производстве одной тонны алюминия в атмосферу выбрасывается  $21,6$  тонны углекислого газа, а один гектар леса за сутки поглощает примерно  $200 \text{ кг CO}_2$ . (1)

#### Задача 4. Железная грелка (9,5 б)

Одноразовые грелки для рук - это хороший пример применения теплового эффекта химической реакции. Одна из наиболее применяемых реакций – ржавление железа при контакте с воздухом.

**a)** Напиши уравнение реакции для возникновения ржавчины ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). (1)

**b)** Энтальпия возникновения ржавчины равна приблизительно 1000 кДж/моль. Рассчитай более точное значение теплового эффекта этой реакции, используя приведённые ниже стандартные энтальпии.



(4)

**c)** В ходе реакции с кислородом прореагировало 84 грамма железа. Дай оценку, сколько килограммов воды можно подогреть с  $20^\circ\text{C}$  до  $90^\circ\text{C}$ , используя выделившуюся теплоту. Предположи, что тепловые потери отсутствуют.  $C(\text{H}_2\text{O}) = 4,20$  кДж/(кг·°C) (Если пункт **b)** не выполнен, используй приблизительное значение энтальпии 1000 кДж/моль). (2,5)

**d)** Какой из следующих металлов подходит для восстановления железа из ржавчины: Al, Au, Cu, Pb? В качестве ответа напиши соответствующее уравнение реакции. (1)

**e)** В виде многоразовой грелки для рук используются грелки, содержащие насыщенный раствор ацетата натрия ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ). Грелка запускается при перегибании тонкого кусочка металла. Какой процесс является причиной выделяющейся теплоты? Каким образом можно восстановить изначальное состояние такой грелки? (1)

#### Задача 5. Пузырящиеся напитки (9,5 б)

В пивоварне варили крафтовое пиво, карбонизация которого проходит прямо в бутылке. Пиво карбонизируется при разложении содержащейся в пивной смеси глюкозы на  $\text{CO}_2$  и этанол, при этом содержание углекислого газа зависит как от давления, так и от температуры. Растворимость углекислого газа в воде можно описать следующей формулой:

$$c = 10^{-4} \times (p + 101300) \times 10^{-4,664 + \frac{1137}{t+273,15}}$$

где  $c$  - растворимость  $\text{CO}_2$  в воде (г/дм<sup>3</sup>),  $p$  - парциальное давление  $\text{CO}_2$  в газовой фазе (Па) и  $t$  - температура смеси (°C). Можно предположить, что количество  $\text{CO}_2$ , реагирующего с водой, ничтожно мало. Пиво варили двухступенчатым сбразиванием: во время первичного брожения пивная смесь (упрощённо: вода, глюкоза и  $\text{CO}_2$ ) была в равновесии с атмосферой (давление  $1,013 \cdot 10^5$  Па, содержание  $\text{CO}_2$  в воздухе 0,041 об.%). По окончании реакции смесь разлили по бутылкам (0,50 дм<sup>3</sup> жидкости и 0,020 дм<sup>3</sup> газа в одной бутылке) и добавили глюкозы так, чтобы по окончании вторичного брожения содержание  $\text{CO}_2$  в пиве равнялось 5,0 г/дм<sup>3</sup>.

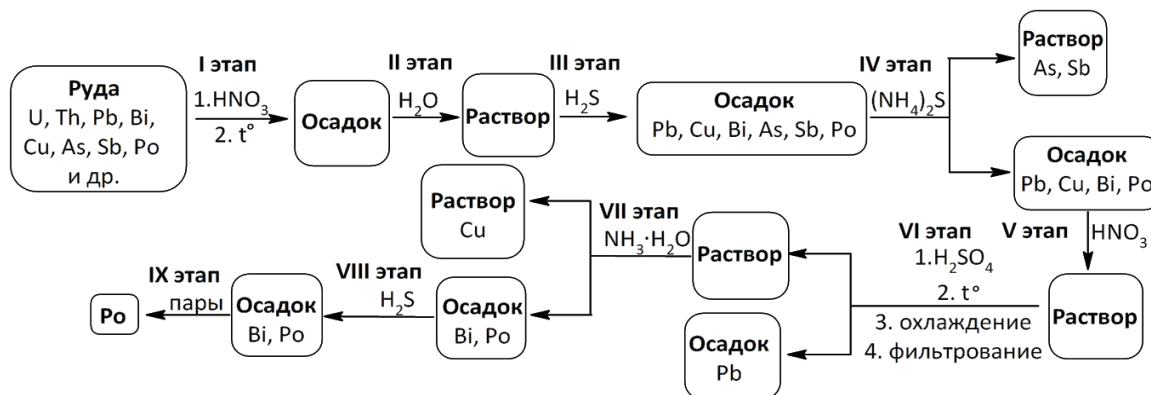
**a)** Напиши реакцию брожения, где глюкоза ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) разлагается на этанол

- (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) и углекислый газ. (1)
- b)** Рассчитай содержание CO<sub>2</sub> (г/дм<sup>3</sup>) в пивной смеси после первичного брожения, если смесь находилась при 22 °С. (1,5)
- c)** Рассчитай итоговое давление (Па) для бутылки, прошедшей вторичное брожение и находящейся в холодильнике (6 °С). (1,5)
- d)** Рассчитай массу глюкозы (г), которую нужно добавить в каждую бутылку, чтобы при 6 °С содержание CO<sub>2</sub> и давление в бутылке были правильными. (3,5)
- e)** Маленькая часть растворённого в воде CO<sub>2</sub> реагирует с водой, образуя угольную кислоту. Напиши уравнение равновесной реакции между CO<sub>2</sub> и водой. Напиши, в какую сторону сместится равновесие реакции, если повысить **i)** температуру, **ii)** давление. (2)

### Задача 6. Загадка пустой ячейки в периодической таблице (20 б)

2019 год объявлен международным годом периодической таблицы. Этому посвящена и 51-я международная олимпиада по химии, которая будет проходить во Франции. Многие известные химики работали во Франции. Девять из них получили за свою научную работу Нобелевскую премию. В их числе и родившаяся в Польше Мария Склодовская-Кюри, которая получила свою награду в 1911 году за открытие и описание новых элементов: полония и радия.

Следующая схема описывает упрощённо то, каким образом впервые выделили соль Po из руды. В блоках схемы приведены содержащиеся в выделяемых веществах элементы, а не формулы веществ.



- a)** Напиши формулу соли, из которой выделили Po ( $\omega_s = 13,2\%$ ). Молярную массу полония возьми за 210 г/моль. (1,5)
- b)** Напиши следующие уравнения реакций:
- i)** Проходящая на **VI этапе** реакция с образовавшейся на **V этапе** растворимой солью свинца;
- ii)** Проходящая на **IV этапе** реакция с образовавшимся на **III этапе** соединением As<sup>III</sup>, в результате которой образуется только растворимое в воде соединение, в котором  $\omega_{As} = 33,3\%$ ,  $\omega_N = 18,7\%$ . (4,5)

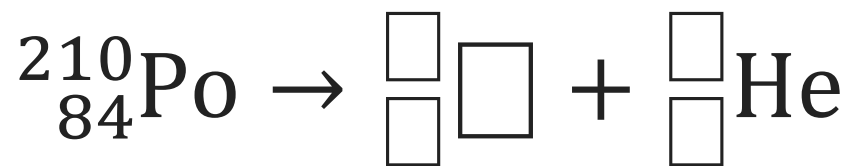
Все известные изотопы полония радиоактивны. Изотопы – это разновидности химического элемента, которые отличаются друг от друга массовым числом. В

земной коре полония немного (1 часть полония на  $10^{15}$  частей земной коры), однако он непрерывно образуется при разложении многих радиоактивных элементов. В настоящее время полоний производят в ядерных реакторах, бомбардируя изотопы висмута нейтронами. В результате возникают изотопы висмута с коротким временем жизни, при распаде которых возникают изотопы полония и выделяются  $\beta$ -частицы (электроны).



Период полураспада (время, за которое ровно половина радиоактивных ядер разлагается) полученного в примере полония-210 равняется 138 дням. При распаде полония выделяется  $\alpha$ -частица (ядро гелия).

с) Закончи уравнение распада Po-210. (1,5)



d) По прошествии какого времени от исходного количества Po-210 останется ровно четверть? (1)

Полоний используют в качестве антистатика, а также для повышения интенсивности процессов горения топлива. Благодаря интенсивности своего  $\alpha$ -излучения, полоний самопроизвольно нагревается, из-за чего его применяют и в качестве источника энергии на космических аппаратах, в т.н. РИТ (*Радиоизотопным Источником Тепла*). Например для поддержания температуры, необходимой для работы приборов Лунохода-1, который провёл в космосе 321 день, использовали 11 кг Po-210. Из одного грамма полония можно получить до 140 Вт энергии.

e) Сколько процентов от изначальной мощности можно было получить из оставшегося на борту Лунохода-1 Po-210 после завершения его космической миссии? (2,5)

При строительстве космических аппаратов очень важно иметь в виду и размеры деталей.

f) Рассчитай плотность Po-210, предположив, что Po-210 встречается только в форме с кубической кристаллической решеткой (смотри рисунок 1), у которой элементарная ячейка, то есть наименьшая повторяющаяся частица в структуре (смотри рисунок 2), имеет длину ребра 334 пм. (2)

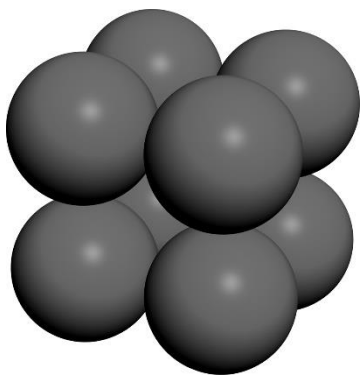


Рисунок 1 Кубическая кристаллическая решётка

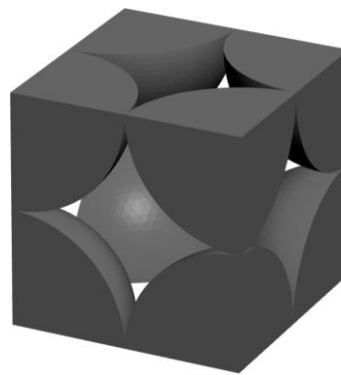


Рисунок 2 Элементарная ячейка полония

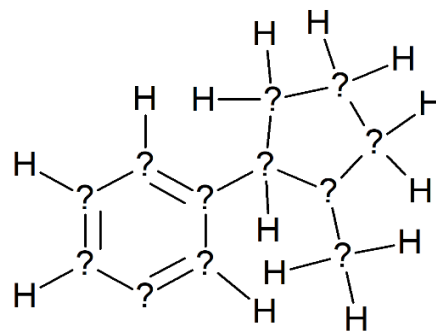
Po-210 содержится также во всех табачных изделиях, поэтому из-за курения в организме всегда накапливается полоний. Наивысшая допустимая доза Po-210 равняется 0,03 микрокюри (мкКи). В одной сигарете (0,748 г) содержание Po-210 равняется 37 мБк/г.

1 Ки =  $3,7 \times 10^{10}$  распадов в секунду; 1 беккерель (Бк) = 1 распад в секунду. Курильщик вдыхает 5% содержащегося в сигарете Po-210.

- г) Рассчитай, сколько сигарет соответствует максимальной допустимой дозе. В своих вычислениях допусти, что курильщик выкуривает все сигареты одновременно. (2)

Главным действующим веществом табачных изделий является алкалоид никотин ( $M = 162$  г/моль), структура которого приведена ниже. Знак ? обозначает атом углерода или атом азота.

Никотин имеет основные свойства, поэтому он реагирует с кислотами. Реакцию можно записать по аналогии с реакцией аммиака с кислотами.  
 $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$



Подсказка: Все атомы азота в никотине связывают по одному иону водорода.

- h) Напиши ионное уравнение реакции никотина с кислотой. Расставь коэффициенты. (1)

Для определения содержания никотина в упомянутых ранее сигаретах взяли 4 сигареты. Их обработали в соответствии с инструкцией, в результате чего получили  $100 \text{ см}^3$  раствора никотина. Можешь предположить, что весь никотин из сигарет перешёл в приготовленный раствор. После этого отмерили  $25 \text{ см}^3$  полученного раствора и дали прореагировать с кислотным раствором. Для нейтрализации всего никотина понадобилось  $4,8 \text{ см}^3$  кислотного раствора. В одном кубическом дециметре кислотного раствора  $0,025$  моль ионов водорода.

- i) Рассчитай массу никотина, содержащегося в одной пачке из 20 сигарет. (2,5)

Токсичность никотина изучается уже длительное время, однако до сих пор неизвестна смертельная доза. В одной исследовательской работе определили, что смертельная доза составляет 13 мг на 1 кг массы тела.

- ж)** Рассчитай, сколько сигарет соответствует смертельной дозе, если взрослый человек весит 70 кг, а из одной сигареты в человеческое тело попадает 1,04 мг никотина. В своих вычислениях допусти, что курильщик выкуривает все сигареты одновременно. (1)
- к)** Во сколько раз больше сигарет соответствует летальной дозе полония, чем летальной дозе никотина? (0,5)