

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

Задача 1. Свойства элементов, галлий и его соединения (10 б)

- a)** Какие из перечисленных элементов: галлий, олово, хлор, бром, йод, фтор, аргон и ртуть, в виде простых веществ при температуре человеческого тела ($37\text{ }^{\circ}\text{C}$) и атмосферном давлении (1 атм) находятся в **i)** жидком, **ii)** твердом, **iii)** газообразном состоянии? (2,5)
- b)** Определи степени окисления всех элементов в следующих веществах: **i)** GaH₃; **ii)** HClO₄; **iii)** NaKHPO₄; **iv)** H₂O₂. (3)
- Природный Ga состоит из изотопов атомов с 38 нейтронами и 40 нейтронами.
- c)** Оцени, сколько процентов от общего количества атомов содержат 38 и сколько процентов 40 нейтронов, используя среднюю атомную массу галлия. (2)
- d)** Рассчитай, сколько граммов мышьяка и галлия потребуется для изготовления ровно одного килограмма арсенида галлия при условии, что нет никаких потерь. (2)
- e)** Рассчитай объем ровно одного килограмма GaAs в литрах, если его плотность равна $5317,6\text{ кг/м}^3$. (0,5)

Задача 2. Альтернативное топливо (8 б)

Интерес к альтернативным видам топлива растет ввиду убывания запасов ископаемого топлива. Биоэтанол (C₂H₅OH, молярная масса $46,07\text{ г/моль}$) является одним из таких видов топлива. Его получают при помощи ферментации сахаров, т.е. брожения. В качестве исходного материала для изготовления биоэтанола в Эстонии используют овощи (картофель, сахарную свёклу) или зерновые культуры (рожь, пшеницу, тритикале, ячмень обыкновенный).

- a)** Напиши уравнение реакции полного сгорания этанола. (2)
- b)** Рассчитай, сколько энергии (кДж) выделится при сгорании одного моль этанола, если при сгорании 1 кг этанола выделяется $29,76\text{ МДж}$. (1,5)

Предположим, что урожайность определенного сорта картофеля 25 тонн на гектар (25 т/га). Из одной тонны картофеля, в свою очередь, получают 159 кг этанола плотностью в 789 кг/м^3 .

- c)** Рассчитай, сколько дм^3 этанола можно получить с картофельного поля в 59 гектаров . (2)

Вторым альтернативным видом топлива является водород, который можно получить при электролизе воды (разложении воды под действием электрического тока) на водород и кислород. При помощи электролиза воды можно превратить накопленную солнечными батареями энергию в водород (топливо). При сгорании одного моля водорода выделяется 286 кДж .

- d)** Напиши уравнение реакции горения водорода. (0,5)
- e)** Рассчитай, сколько тонн воды нужно подвергнуть электролизу, чтобы из водорода получить столько же энергии, сколько выделилось при сгорании этанола, получаемого с картофельного поля в 59 гектаров . В случае, если не удалось получить верный ответ в пункте **c)**, возьми за ответ 350000 дм^3 . (2)

Задача 3. Известный металл (9 б)

Смесь из оксида **A** (процентное содержание кислорода по массе $\omega_{\text{O}} = 30,06\%$) и металла **X** при воспламенении горит ярким пламенем, видны тлеющие кусочки металла **Y** и образуется оксид **B** ($\omega_{\text{O}} = 47,08\%$) (реакция 1). Металл **Y** в виде оксида **A** находится только в одной определенной степени окисления. Металл **X** - самый распространенный металл в земной коре. Металл **X** реагирует с соляной кислотой (реакция 2). Металл **X** реагирует и с водным раствором гидроксида натрия (реакция 3) с образованием двухатомного газа и соединения **C**, который содержит Na и металл **X** 1:1 в молярном соотношении. Металл **X** получают при электролизе расплавленного оксида **B** (реакция 4). **X** реагирует со многими неметаллами при высокой температуре. Например, при реакции **X** с неметаллом **Z** образуется соединение **D** ($\omega_{\text{X}} = 35,94\%$). **D**, в свою очередь, реагирует с водой с образованием ядовитого трехатомного газа, пахнущего как гнилое яйцо, и осадка гидроксида металла **X** (реакция 5).

- Определи при помощи расчётов формулу оксида **A**, исходя из его процентного состава по массе. (2,5)
- Напиши уравнения реакций 1–5. (6,5)

Задача 4. Удобрения (9,5 б)

В удобрениях используются два основных элемента **X** и **Y**, питательных для растений. Минеральное удобрение **A**, содержащее элементы **X** и **Y**, можно изготовить при реакции основания **B** с фосфорной кислотой в соотношении 2:1. Основание **B** образуется при растворении в воде четырехатомного газа **C**. Для изготовления минерального удобрения **D**, которое состоит из трех элементов, включая питательный элемент **Y**, используют реакцию между основанием **B** и азотной кислотой.

- Напиши символы элементов **X** и **Y** и формулы веществ **A–D**. (3)
- Напиши уравнения реакций, где основание **B** и фосфорная кислота реагируют в соотношении 1:1 и 3:1, уравний их и дай названия образовавшимся солям. (3)
- Рассчитай содержание питательных элементов в удобрениях **A** и **D** в массовых процентах. (2)
- В удобрении для картофеля массовая доля элемента **Y** в 1,7 раза больше, чем элемента **X**. В каком соотношении по массе нужно смешать минеральные удобрения **A** и **D**, чтобы приготовить удобрение для картофеля? (1,5)

Задача 5. Задиристый препод (13,5 б)

У учителя химии было 6 растворов солей, обозначенных как **A–F**. Известно, что соль **C** содержит ион свинца(II), соль **F** является хлоридом, а в остальных соединениях были катионы: K^+ , Ag^+ , Cu^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} , и анионы: Br^- , I^- , NO_3^- , SO_4^{2-} . В состав солей **C** и **D** входит один и тот же анион. В данной тебе таблице растворимостей все соли, содержащие катион **A**, хорошо растворимы. Раствор соли **B** синего цвета, остальные бесцветные. Основываясь на исходных данных, ученик должен определить, о растворах каких солей идет речь, используя таблицу растворимостей, раствор NaOH и кусочки цинка. Ученик провел опыты, результаты

которых расписаны в таблице ниже (предположим, что все соли, отмеченные в таблице растворимостей как малорастворимые, являются осадками):

	A	B	C	D	E	F
A		разлагается: X + белый осадок G	ярко-жёлтый осадок	светло-жёлтый осадок	–	–
B	разлагается: X + белый осадок G		белый осадок	белый осадок	–	белый осадок
C	ярко-жёлтый осадок	белый осадок		–	желтовато-белый осадок	белый осадок
D	светло-жёлтый осадок	белый осадок	–		желтовато-белый осадок	белый осадок
E	–	–	желтовато-белый осадок	желтовато-белый осадок		–
F	–	белый осадок	белый осадок	белый осадок	–	
NaOH	–	светло-синий осадок	белый осадок	коричневый осадок	белый осадок	–
Zn	–	красновато-коричневый слой на металле	темно-серый слой на металле	светло-серый слой на металле	–	–

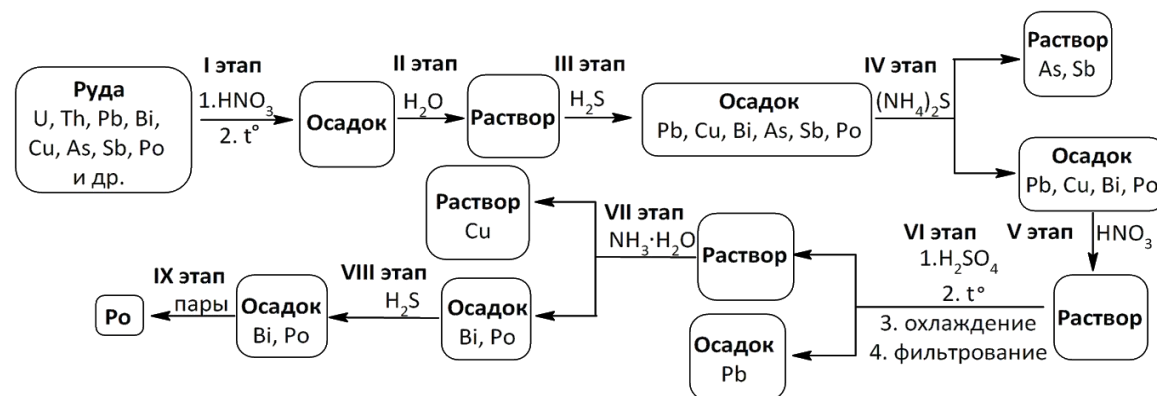
Прочерк в ячейке обозначает, что никаких визуальных изменений не произошло.

- а) При реакции между солями **A** и **B** образуется соль **G** и простое вещество **X**, которое при нормальных условиях является черно-серым кристаллом с металлическим отблеском. Напиши формулы простого вещества **X** и соли **G** (степень окисления металла в соли **G** отличается от того, что в соли **B**). (2)
- б) Определи, из каких ионов состоят соли. (10)
- с) Напиши и уравний реакции цинка с растворами **B–D**. (1,5)

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;

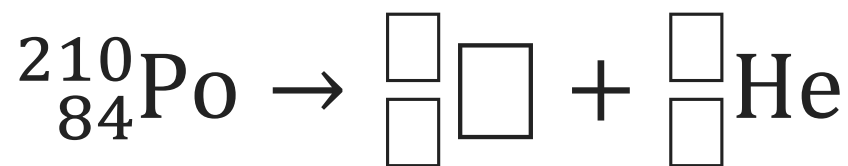
ii) Проходящая на **IV этапе** реакция с образовавшимся на **III этапе** соединением As^{III} , в результате которой образуется только растворимое в воде соединение, в котором $\omega_{As} = 33,3\%$, $\omega_N = 18,7\%$. (4,5)

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 β -частицы (электроны).



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

c) 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 α -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)

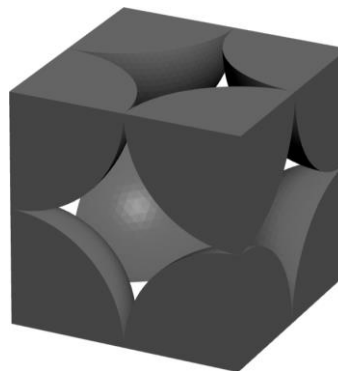
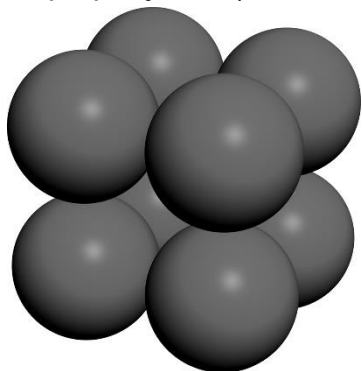


Рисунок 1 Кубическая кристаллическая решётка

Рисунок 2 Элементарная ячейка полония

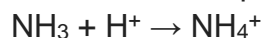
Po-210 содержится также во всех табачных изделиях, поэтому из-за курения в организме всегда накапливается полоний. Наивысшая допустимая доза Po-210 равняется 0,03 микрокюри (мкКи). В одной сигарете (0,748 г) содержание Po-210 равняется 37 мБк/г.

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.

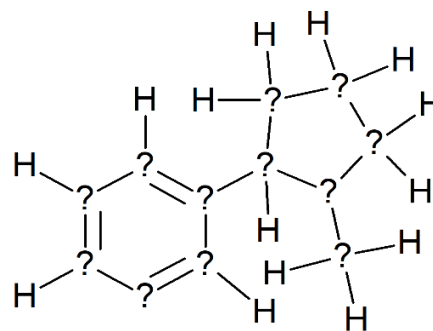
- g) Рассчитай, сколько сигарет соответствует максимальной допустимой дозе. В своих вычислениях допусти, что курильщик выкуривает все сигареты одновременно. (2)

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.



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 см^3 раствора никотина. Можешь предположить, что весь никотин из сигарет перешёл в приготовленный раствор. После этого отмерили 25 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.
- j)** Рассчитай, сколько сигарет соответствует смертельной дозе, если взрослый человек весит 70 кг , а из одной сигареты в человеческое тело попадает $1,04 \text{ мг}$ 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)