

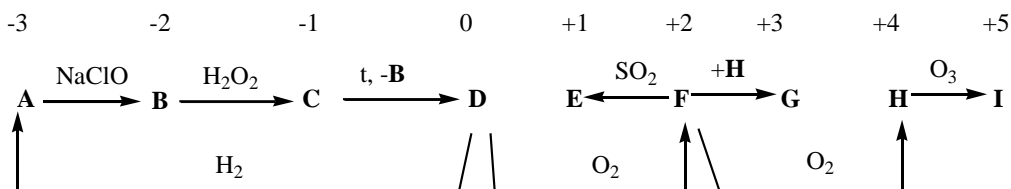
Муниципальный этап ВсОШ, 2023-24 год, Липецкая область

9 класс

Задача 9-1 (19 баллов)

Необычная химия обычного элемента

Элемент X – рекордсмен по количеству проявляемых им степеней окисления. На схеме показаны возможные степени окисления и пути перехода между ними.



1. Определите элемент X и расшифруйте вещества A-I, если известно, что все они, кроме одного, бинарные.
2. Напишите уравнения реакций, показанных на схеме. Укажите условия их протекания (температура, давление, катализатор)
3. Вещество H способно к обратимой димеризации. Почему? Напишите уравнение реакции димеризации. Эндо- или экзотермической является эта реакция? В каком направлении сместится равновесие этой реакции при повышении температуры? А при повышении давления? Мотивируйте ваши ответы.

Задача 9-2 (19 баллов)

Сульфидный минерал

Сульфидный минерал X с массовой долей серы 25,4% содержит также металлы A и B. Для проведения анализа навеску минерала X массой 4,032 г растворили в избытке концентрированной серной кислоты. Полученный раствор нейтрализовали и довели его объём дистиллированной водой до 100 мл. Получили раствор 1. К 10 мл раствора 1 добавили избыток раствора иодида калия. Раствор помутнел и изменил цвет. Через 10 минут, когда реакция закончилась, раствор оттитровали раствором тиосульфата натрия ($c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,2$ моль/л) с крахмалом в качестве индикатора. Синяя окраска исчезла после добавления 24,0 мл раствора тиосульфата. В другую пробу раствора 1 объёмом 50 мл опустили магниевую пластинку. Через некоторое время пластинка покрылась тёмно-красным осадком металла B. Масса этого осадка после высушивания составила 1,28 г. При этом оставшийся после извлечения пластинки раствор способен обесцвечивать перманганат калия. К этому раствору добавили избыток гидрокарбоната натрия. Выпал осадок, масса которого после высушивания составила 2,312 г.

1. Определите металлы A, B и формулу X. Ответы подтвердите расчётами.
2. Приведите уравнения описанных в задаче химических реакций (9 уравнений).
3. Определите состав осадка (в молях) после добавления гидрокарбоната натрия.

Задача 9-3 (15 баллов)

Позитронно-эмиссионная томография

Позитронно-эмиссионная томография – активно развивающийся метод медицинской диагностики. Применяется, в частности, для диагностики онкологических заболеваний. Метод основан на регистрации квантов гамма-излучения, возникающих при аннигиляции позитронов с электронами. Позитрон – античастица, соответствующая электрону и отличающаяся от электрона положительным зарядом. Позитроны возникают при позитронном β -распаде (он же β^+ - распад) радиоактивного ядра, входящего в состав радиофармпрепарата. Этот препарат вводится в организм перед исследованием. Аннигиляция позитрона в веществе (в частности, в ткани организма) с одним из электронов среды порождает два гамма-кванта с одинаковой энергией, разлетающихся в противоположные стороны по одной прямой. Большой набор детекторов, расположенных вокруг исследуемого объекта, и компьютерная обработка сигналов с них позволяют выполнить трёхмерную реконструкцию распределения радионуклида в сканируемом объекте.

Самый распространённый радиофармпрепарат, применяемый в этом методе, - глюкоза, в которой одна из групп –ОН замещена на радиоактивный изотоп ^{18}F .

1. Напишите уравнение реакции радиоактивного распада ^{18}F .

Единица измерения активности (A) радиоактивного источника в СИ – Беккерель (Бк). 1 Бк – активность источника, в котором происходит 1 распад за 1 секунду. Таким образом, через основные единицы СИ Бк выражается как с^{-1} .

Пациентам вводят модифицированную глюкозу внутривенно в виде раствора в количестве, соответствующем активности в пределах от 200 до 400 МБк. Этого достаточно для проведения исследования без вреда для здоровья пациента. Активность (в Бк) связана с количеством вещества формулой $A = 0,69N/\tau_{1/2}$, где N – число атомов радиоактивного изотопа; $\tau_{1/2}$ – период полураспада этого изотопа, то есть время, за которое распадается половина его атомов.

2. Рассчитайте, в каких пределах должна находиться концентрация (моль/л) раствора модифицированной глюкозы, если для исследования пациенту вводят 0,1 мл этого раствора, а период полураспада ^{18}F составляет 110 мин.

3. В каких пределах будет находиться радиоактивность этого образца через сутки? Какому интервалу концентраций соответствует такая активность?

Изотоп ^{18}F впервые был получен в 1937 году при облучении ^{20}Ne ускоренными ядрами дейтерия.

4. Какая частица образуется в качестве второго продукта этой реакции? Запишите её уравнение.

В настоящее время ^{18}F получают, облучая обогащённую изотопом ^{18}O воду ускоренными протонами.

5. А какая частица выделяется в ходе этой реакции? Напишите её уравнение.

6. Для чего в ядерных реакциях подобного типа частицы, вступающие в реакцию, необходимо ускорять?

7. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро продукта распада ^{18}F ?

Задача 9-4 (13 баллов)

Чем будем топить?

«Топить можно и ассигнациями»
Д.И.Менделеев

Несмотря на все попытки перехода на альтернативные источники энергии, основным видом используемого человечеством топлива продолжает оставаться углеводородное, получаемое переработкой нефти. Различные фракции переработки нефти различаются по плотности, вязкости, температуре кипения и теплотворной способности. Ниже приведены таблицы с данными, характеризующими 3 фракции нефтепереработки – петролейный эфир, бензин и дизельное топливо, а также возможные продукты их сгорания и реакций переработки продуктов сгорания.

Фракция	Петролейный эфир	Бензин	Дизельное топливо
Основной компонент	C_5H_{12}	C_8H_{18}	$C_{10}H_{22}$
Плотность, г/см ³	0,626	0,692	0,730
Теплота образования, кДж/моль	146,9	223,8	241,0

Вещество	CO ₂ (г.)	H ₂ O(г.)	CO(г)
Теплота образования, кДж/моль	393,5	241,8	110,5

1. Напишите уравнения реакций сгорания указанных компонентов углеводородного топлива при избытке кислорода. Рассчитайте теплоты сгорания этих веществ (кДж/моль) и теплотворную способность каждого из них (кДж/мл).
2. В условиях работы автомобильных двигателей топливо сгорает с образованием некоторого количества ядовитого угарного газа, объёмная доля которого в выхлопных газах может составлять от 2 до 5%. Чтобы угарный газ не попадал в атмосферу, в выхлопной трубе устанавливают катализатор, содержащий палладий и родий. Этот катализатор ускоряет реакцию окисления угарного газа, а также реакцию угарного газа с водяным паром, в которых не образуются токсичных продуктов. Напишите уравнения этих реакций и рассчитайте их тепловые эффекты.