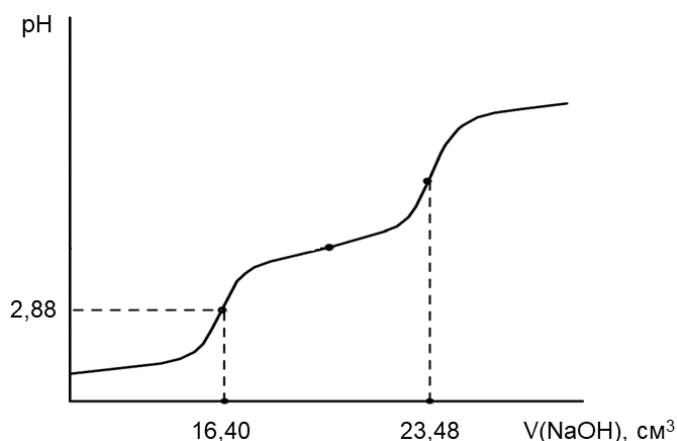


9 класс

Задача 9-1

Кислота **A** является слабой одноосновной кислотой, содержащей углерод. Константа диссоциации **A** лежит в диапазоне $\sim 10^{-4}$ - 10^{-5} . Смешали некоторые количества раствора кислоты **A** с концентрацией $1,38 \text{ г/дм}^3$ и $0,10 \text{ М}$ соляной кислоты. Общий объем смеси оказался равным $30,0 \text{ см}^3$. Смесь кислот оттитровали раствором гидроксида натрия в присутствии



метилоранжа до изменения окраски раствора. Затем к этой же пробе смеси кислот добавили фенолфталеин и продолжили титрование до изменения цвета индикатора. Результаты титрования представлены на рисунке.

- Рассчитайте точную концентрацию раствора гидроксида натрия, использованного в описанном титровании, если на титрование $14,0 \text{ см}^3$ $0,10 \text{ М}$ соляной кислоты в присутствии фенолфталеина затрачивается $18,67 \text{ см}^3$ этого раствора NaOH . Укажите, как при этом изменяется окраска титруемого раствора.
- Укажите, как изменяется окраска раствора смеси кислот в описанном в условии задачи титровании. Расчетom установите молярную массу кислоты **A**. Приведите ее химическую формулу и название.
- Рассчитайте значение константы диссоциации кислоты **A**.

Задача 9-2

При восстановлении углеродом 375 кг железосодержащего минерала **X** образуется сплав, содержащий 35% железа по массе, и смесь оксидов углерода объемом $115,385 \text{ м}^3$ (н.у.). Относительная плотность по воздуху образующейся смеси оксидов углерода равна $1,131$. Если минерал **X** сплавлять с карбонатом натрия в присутствии большого количества кислорода, то среди продуктов будет присутствовать соль **Y**, содержащая металл **Z** в составе аниона, причем этот металл не является железом.

- Проведите необходимые расчеты и установите химическую формулу минерала **X**. Запишите уравнения реакций, описанных в условии задачи. Приведите химическую формулу и название соли **Y**, образующейся при окислительном сплавлении **X** с карбонатом натрия. Приведите химическую формулу и

название соли, имеющей такой же качественный, но другой количественный состав, укажите степени окисления металла в них. Запишите уравнение реакции металла Z с концентрированной азотной кислотой при комнатной температуре. Кратко поясните записанную Вами реакцию.

При взаимодействии 52 мг Z с концентрированной соляной кислотой без доступа воздуха и последующее добавление к полученному раствору ацетата натрия позволяет получить в осадке вещество C неожиданного красного цвета, масса которого при выходе реакции в 75% составит 0,141 г. Окраска C резко контрастирует с окраской простых солей металла Z.

б) Приведите химическую формулу вещества C и запишите уравнения описанных реакций, приводящих к его образованию из металла Z. Приведите необходимые расчеты и пояснения. Объясните устойчивость соединения C и его необычную окраску. Присутствуют ли в этом соединении кратные связи? Если да, то укажите их тип. К какому типу соединений принадлежит соединение C?

Добавление к раствору соли Y кислоты в итоге приводит к образованию осадка фиолетово-красных кристаллов вещества W. В реакции с газообразным HCl, не содержащим влаги, W образует коричнево-красную жидкость V, имеющей температуру кипения выше 110 °C.

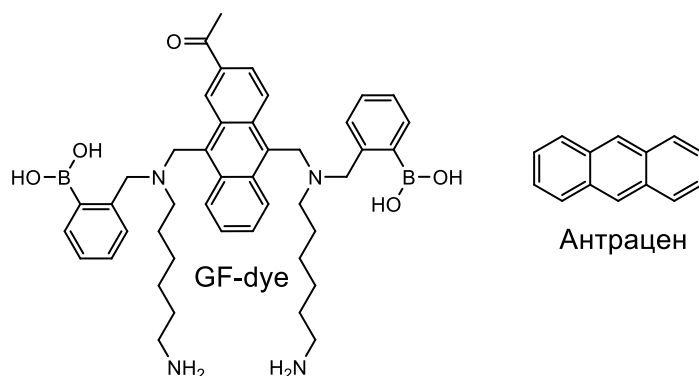
в) Запишите уравнения реакций, приводящих к образованию V. Вещество V легко подвергается гидролизу, запишите уравнение реакции этого процесса. Как изменится степень окисления металла, входящего в состав V, в реакции с оксидом серы(VI)? Запишите уравнение этой реакции, назовите продукты.

Задача 9-3

Глюкоза, или виноградный сахар – самый простой углевод с формулой C₆H₁₂O₆. Она может поступать в организм с пищей, а может вырабатываться в нём в процессе распада более сложных углеводов (сахарозы, крахмала). Глюкоза обеспечивает клетки энергией и участвует в обменных процессах. Во время и после еды глюкоза поступает из пищеварительной системы в кровоток, уровень сахара в крови повышается. Чтобы она попала в клетки, поджелудочная железа выделяет гормон инсулин — именно это вещество делает клетки готовыми к приему глюкозы. Однако если поджелудочная железа выделяет мало инсулина или же клетки нечувствительны к его воздействию, то глюкоза в них не поступает, а остается в крови: клетки остаются голодными, а показатель сахара в крови — повышенным. Тогда и возникает такое заболевание, как сахарный диабет, и людям, больным им, необходимо отслеживать уровень глюкозы в крови.

а) Приведите структурную формулу молекулы глюкозы, и известные вам её формы.

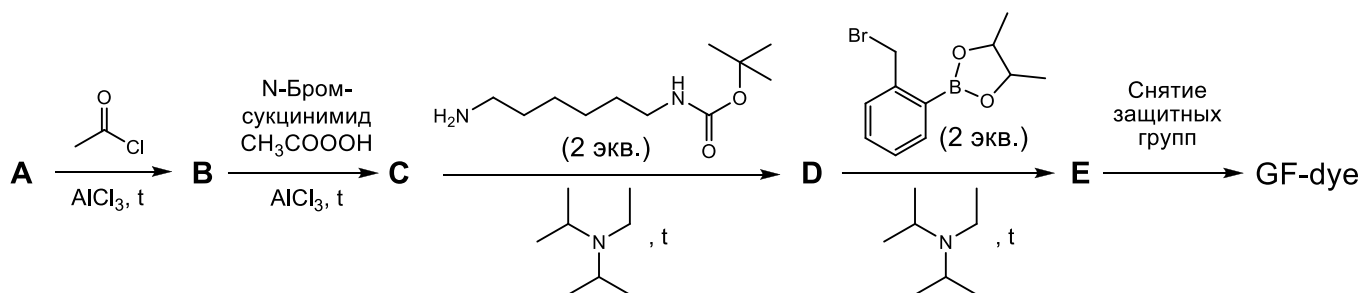
Относительно недавно были разработаны подкожные датчики глюкозы, представляющие собой небольшие флуоресцентные шарики, вживляемые под кожу пациента. Флуоресцентный шарик представляет собой полимерный гидрогель (инертный носитель) и органическое вещество GF-dye, химически закреплённое на носителе и являющееся производным антрацена. Флуоресценция GF-dye возрастает при увеличении концентрации глюкозы, и её интенсивность может быть зафиксирована через кожу надкожной частью датчика. Таким образом, данный метод позволяет вести непрерывный мониторинг уровня глюкозы в крови и требует лишь однократного помещения под кожу флуоресцентного чипа. Структура GF-dye представлена ниже.



При низких значениях pH GF-dye протонируется и может существовать в катионных формах. При высоких значениях pH GF-dye может образовывать анионные формы за счёт наличия в структуре фрагмента бороновой кислоты.

б) Напишите 2 любые формы GF-dye, существующие при низких значениях pH, и 2 формы GF-dye, существующие при высоких значениях pH.

GF-dye синтезируется в 5 стадий из соединения **A**, массовая доля углерода в котором составляет 93,20 %, и которое не обесцвечивает бромную воду. Схема синтеза GF-dye представлена ниже.



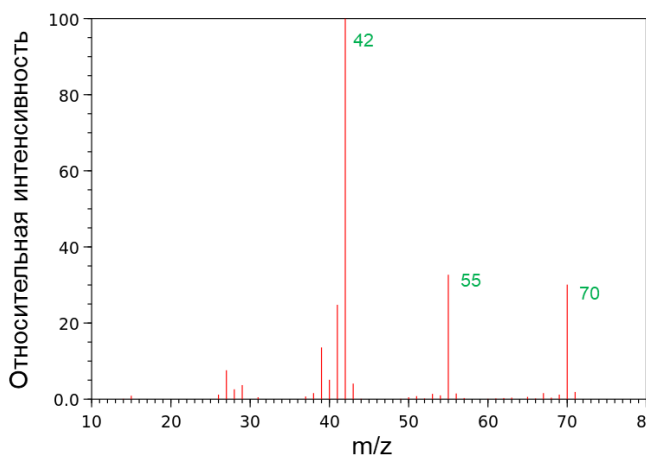
в) Установите соединение **A** и приведите его название.

г) Установите соединения **B-E** если известно, что **C** является бромпроизводным с массовой долей брома 39,41 %. Реакции превращения **C** в **D** и **D** в **E** протекают только по аминогруппам.

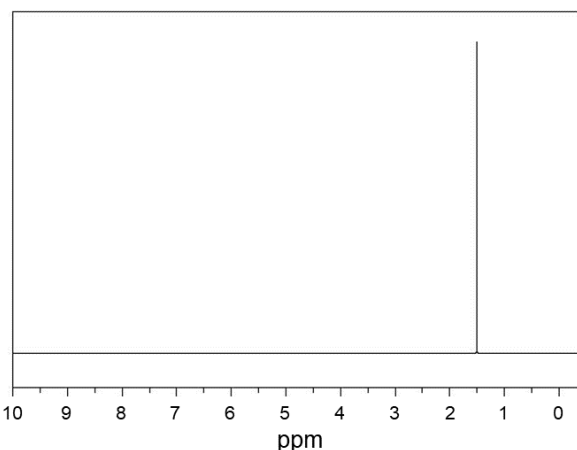
Задача 9-4

Для определения структуры веществ используют разнообразные методы. Например, структуру молекулы можно определить из спектра ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Ядра водорода, находящиеся в различном химическом окружении, т.е. входящие в состав различных атомных группировок, например, в состав группы CH_3 или OH , в спектре проявляются в виде пиков, имеющих различное значение ppm.

Еще одним эффективным методом для установления структуры вещества является масс-спектрометрия. Для записи масс-спектра вещество в газообразном состоянии попадает в поток электронов, в результате чего происходит ионизация молекул исследуемого вещества по схеме: $\text{X}_{\text{газ}} + e^- \rightarrow \text{X}_{\text{газ}}^+ + 2e^-$. Это так называемая ионизация электронным ударом. При этом энергия электронов в потоке может быть достаточно большой для распада молекулы на несколько фрагментов. В масс-спектре (зависимость количества частиц от их массы, отнесенной к заряду (m/z)) пик с наибольшим значением m/z соответствует ионизированной молекуле вещества без нарушения структуры. Остальные пики в масс-спектре соответствуют возможным ионизированным «осколкам» молекулы. Каждый пик в спектре сопровождают пики с близкими значениями m/z , которые появляются в результате присутствия в веществе нуклидов с отличающимся массовым числом. Интенсивность пика определяется устойчивостью образующегося иона – чем устойчивее ион, тем выше интенсивность пика. На рисунках представлены масс-спектр и ЯМР спектр углеводорода **X**.



Масс-спектр углеводорода **X**



Спектр ^1H ЯМР углеводорода **X**

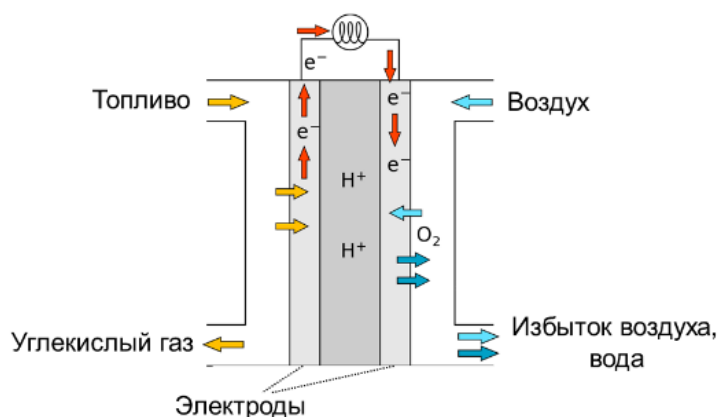
а) Установите молекулярную химическую формулу углеводорода **X**, если он содержит 14,3% водорода по массе. Приведите необходимые расчеты и пояснения.

б) Укажите, какие ионы могут соответствовать обозначенным пикам в приведенном масс-спектре углеводорода **X**.

в) Приведите структурную формулу и название углеводорода **X**. Свой ответ кратко поясните. Укажите, к какому классу соединений относится **X**.

Задача 9-5

В химических источниках тока, например, гальванических элементах, батареях, топливных элементах, энергия химических реакций превращается в электрическую энергию. В гальванических элементах и батареях вещества, участвующие в электрохимической реакции, замкнуты в корпусе элемента,



тогда как в топливном элементе реагенты постоянно подаются извне, а продукты – выводятся из элемента. Топливом в таких элементах чаще всего выступает водород. Однако все большее распространение получают метанольные или этанольные топливные элементы, в которых газообразный спирт окисляется на одном из угольных электродов с нанесенным катализатором до CO_2 , а образующиеся катионы водорода мигрируют через протонообменную мембрану ко второму угольному электроду, где взаимодействуют с кислородом воздуха.

В функционировании топливного элемента важную роль играет катализатор, нанесенный на электроды, поскольку именно на его поверхности протекают реакции окисления и восстановления.

- а) Установите, проведя необходимые расчеты, какой металл чаще всего используется в качестве катализатора в топливных элементах, если радиус атома этого металла равен 139 пм, плотность металла составляет $21,32 \text{ г/см}^3$, а также известно, что металл образует гранецентрированную кубическую ячейку.

ЭДС топливного элемента определяется как разность потенциалов катода и анода, которая напрямую связана с изменением энергии Гиббса реакции, протекающей в топливном элементе ($\Delta G = -nF\Delta E$, $\Delta E = E_{\text{катода}} - E_{\text{анода}}$). Потенциал электрода, как известно, в соответствии с уравнением Нернста, определяется условиями, при которых на электроде протекает полуреакция – температурой, а также концентрациями окисленной и восстановленной форм вещества, либо их давлениями, если речь идет о газообразных веществах:

$$E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \ln \frac{p_{\text{Ox}}}{p_{\text{Red}}}$$

где p_{Ox} – давление окисленных форм веществ, p_{Red} – давление восстановленных форм веществ.

- б) Запишите уравнение общей реакции, протекающей в этанольном топливном элементе. Запишите уравнения полуреакций, протекающих на аноде и на катоде. Рассчитайте ЭДС этанольного топливного элемента при стандартных условиях, если известно, что $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(г)}) = -235,1 \text{ кДж/моль}$; $S^\circ_{298}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(г)}) = 282,5 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{K)}$; $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = -241,8 \text{ кДж/моль}$; $S^\circ_{298}(\text{H}_2\text{O}_{(г)}) = 188,8 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{K)}$; $\Delta_f H^\circ_{298}(\text{CO}_{2(г)}) = -393,5 \text{ кДж/моль}$; $S^\circ_{298}(\text{CO}_{2(г)}) = 213,7 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{K)}$; $S^\circ_{298}(\text{O}_{2(г)}) = 205,1 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{K)}$, $R = 8,314 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{K)}$, $F = 96485 \text{ Кл/моль}$.
- в) Рассчитайте, как изменится ЭДС такого топливного элемента при 298 K, если давление этилового спирта в топливном элементе составит 0,54 бар, углекислого газа 0,42 бар, кислорода 0,30 бар, воды в анодном пространстве 1,0 бар, воды в катодном 0,05 бар, а pH электролита будет равен 0. Значение $E^\circ_{\text{анода}}$ равно 0,101 В.