

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

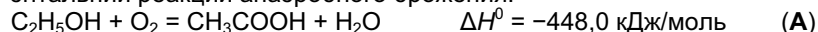
Старшая группа (11 и 12 класс)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве 7 ноября 2009

1. При приготовлении теста, производстве вина и варении пива в анаэробном процессе под действием дрожжей из одной молекулы глюкозы образуется две молекулы этанола и две молекулы углекислого газа. В присутствии кислорода этанол может окислиться до уксусной кислоты. Теоретически уксусную кислоту можно получить также из диоксида углерода и водорода.

a) Напишите уравнение реакции анаэробного брожения глюкозы.

b) Используя приведенные ниже значения ΔH^0 , рассчитайте изменение энтальпии реакции анаэробного брожения.



c) Рассчитайте ΔH^0 реакций полного сгорания $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и CH_3COOH . (8)

2. Студента попросили определить содержание SO_3 в олеуме (раствор SO_3 в H_2SO_4). Для этого он взвесил 1,50 г олеума, перенес количественно в 100,0 см³ мерную колбу и разбавил водой до метки (раствор **A**). Для титрования полученного раствора он приготовил 200,0 см³ 0,51 М (1 М = 1 моль/дм³) раствора NaOH (раствор **B**). Позже он узнал от лаборанта, что используемый NaOH может содержать до 7% воды – этого студент не учитывал при нахождении молярной концентрации NaOH . Поэтому перед титрованием ему пришлось определять точную концентрацию c_{B} раствора **B**.

a) Используя для титрования раствор HCl известной концентрации, получили точное значение молярной концентрации (число молей на один килограмм растворителя) раствора **B** – 0,480 моль/кг ($\rho = 1,021 \text{ г/см}^3$). Рассчитайте процентное содержание воды в NaOH , используемом для приготовления раствора **B**.

b) Студент определил, что концентрация протонов в растворе **A** составляет 0,324 моль/дм³. Рассчитайте процентное содержание SO_3 в олеуме.

c) Рассчитайте объем раствора **B**, который потребовался для титрования 100,0 см³ раствора **A**. (10)

3. Одной из наиболее важных научных тем на сегодняшний день является конструирование аккумуляторов с большой энергетической плотностью. Энергетическая плотность аккумуляторов коммерческих

фирм составляет до 360 Вт·ч/дм³ и 200 Вт·ч/кг. Использование кислорода воздуха в качестве окислителя помогло бы значительно уменьшить массу аккумулятора.

a) Напишите уравнения реакций, которые суммарно описывают процессы, происходящие в **i)** литий-воздушном, **ii)** кремний-воздушном **iii)** алюминий-воздушном аккумуляторах.

b) Рассчитайте, какой из этих элементов теоретически мог бы дать наибольшую мощность **i)** на единицу массы (Вт·ч/кг) и **ii)** на единицу объема (Вт·ч/дм³). Массу кислорода не учитывать. Расчеты делать, исходя из 1 моля простого вещества, соответствующего каждому элементу, используя продукты окисления с наиболее характерными степенями окисления. Предположите, что восстановитель может составлять до половины массы аккумулятора. (1 Дж = 1 Вт·с)

$$\Delta_f G(\text{Al}_2\text{O}_3) = -1582 \text{ кДж/моль} \quad \rho_{\text{Al}} = 2,70 \text{ г/см}^3$$

$$\Delta_f G(\text{Li}_2\text{O}) = -561 \text{ кДж/моль} \quad \rho_{\text{Li}} = 0,535 \text{ г/см}^3$$

$$\Delta_f G(\text{SiO}_2) = -856 \text{ кДж/моль} \quad \rho_{\text{Si}} = 2,33 \text{ г/см}^3$$

(Предположите, что изменение энергии Гиббса полностью используется для электрической работы.)

c) Предложите для каждого аккумулятора подходящий растворитель или электролит. Соединения, образующиеся на катоде и аноде (не обязательно оксиды) должны быть растворимыми в предложенном растворителе. Напишите уравнения реакций, происходящих на аноде и катоде, а также суммарные уравнения реакций для процесса разрядки каждого аккумулятора (батарея).

d) Расположите данные элементы по цене (которая приближенно соответствует нахождению в земной коре), начиная с самого дешевого. (11)

4. При полном гидрировании ненасыщенного органического соединения **A** ($\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{O}_3$) на Ni-катализаторе получают насыщенное соединение **B** ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_3$), а при гидрировании на Pd-катализаторе – ароматический сложный эфир **C** ($\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_3$). При использовании катализатора Линдлара из молекулы **A** образуется только изомер **D1** ($\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{O}_3$) и не образуется изомер **D2**. При гидрировании как вещества **D1**, так и **D2** при помощи H_2/Pd образуется вещество **C**. **D1** и **D2** являются геометрическими изомерами.

При гидролизе веществ **A**, **C**, **D1** и **D2** в кислых условиях образуется кислота **E** ($\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_3$), которая не восстанавливается под действием H_2/Pd , но восстанавливается в присутствии H_2/Ni (образуется насыщенное соединение **F**).

Вещество **E** реагирует с боргидридом натрия (NaBH_4), образуя соединение **G** ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$). LiAlH_4 , реагируя с веществом **E**, дает соединение **H** ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2$). Вещество **H** образуется также при реакции **A** с LiAlH_4 . Спирт **H** является симметричным и содержит три типа

(химически неэквивалентных) атомов водорода. При восстановлении вещества **Е** дибораном (B_2H_6) получают соединение **И** ($C_8H_8O_2$).

Напишите структурные формулы веществ **А–И**. (10)

5. Вещества **А–Н** – бинарные соединения, который содержат элемент **Х**. Жидкость **А** разлагается при комнатной температуре на вещество **В** и газообразное простое вещество **И**. Для промышленного получения вещества **С** (процесс Хабера) под большим давлением используются соответствующие газообразные простые вещества. При реакции твердого неметалла с газом **Д** около $600^\circ C$ образуется газ **Е** и бинарная жидкость ($\%C = 15,8$), при сгорании которой в простом веществе **И** образуются два газа с одинаковыми индексами. При растворении этих газов в воде среда становится кислой. Кислота **Ф** образуется при реакции простых веществ **Ж** и **К** под действием света. Реакция газа **Ф** с оксидом марганца(IV) дает газообразное простое веществ **Ж**, которое тяжелее воздуха, жидкость **В** и бинарную простую соль ($\%Mn = 43,7$). Для получения газообразного вещества **Г** используют реакцию (около $300^\circ C$) инертного неметалла **Л** с соединением **Ф**, в результате чего образуется вещество **М** ($\%X = 0,7$) и газообразное простое вещество **К**. При диспропорционировании вещества **М** образуется соединение **Г** и бинарное молекулярное вещество **Н**, оба из которых содержат элемент **Л**. При реакции веществ **Н** и **В** образуются соединения **Ф** и **О**. Инертный оксид **О** при комнатной температуре реагирует только с кислотой **Н**, продуктами чего являются соединение **В** и бинарная простая соль.

а) Определите элемент **Х** и напишите формулы соединений **А–О**.

б) Напишите уравнения описанных реакций и расставьте коэффициенты. (14)

6. На следующий день после того, как Медведя выбрали главой леса, пропал Заяц. Медведь решил провести расследование. При первичном осмотре на шерсти Волка в районе груди обнаружили подозрительные коричневые пятна, однако для вынесения официального обвинения нужны были доказательства. Медведь подумал и решил приготовить люминол – вещество, используемое криминалистами для определения следов крови. Для этого он взял 1,2-диметилбензол и поставил его реагировать со смесью HNO_3/H_2SO_4 , получив вещество **А**. Вещество **А** Медведь обработал при помощи $KMnO_4$, получив вещество **В** ($211,1$ г/моль). К веществу **В** он добавил немного гидразингидрата и подогрел, получив вещество **С** (бициклическое соединение; $207,1$ г/моль). Вещество **С** Медведь восстановил смесью $SnCl_2/HCl$, получив люминол ($177,2$ г/моль). Смешав раствор полученного люминола с раствором H_2O_2 , Медведь прыснул смесь на грудь Волка, которая после этого стала светиться синим цветом.

а) Напишите структурные формулы веществ **А** и **В** и их номенклатурные названия.

б) Напишите структурные формулы всех органических веществ, участвующих в синтезе люминола.

с) Свечение люминола возникает в том случае, если он окисляется H_2O_2 . Катализатором реакции являются ионы Fe^{2+} . Смог ли проведенный Медведем тест доказать, что Волк съел Зайца? (7)