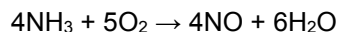


**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2014/2015 уч.г.  
10 класс**

1. Для промышленного производства оксида азота используется реакция окисления аммиака при температуре 850 °С в присутствии платинового катализатора:



а) Используя приведенные в таблице энтальпии реакций, рассчитайте энтальпию реакции окисления одного моля аммиака ( $\Delta_r H$ ).

Реакция	$\Delta_r H$ (кДж/моль)
$\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-44,0
$\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-285,8
$0,5\text{N}_2 + 1,5\text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$	-46,2
$\text{NO} \rightarrow 0,5\text{N}_2 + 0,5\text{O}_2$	-90,4

б) Рассчитайте энергию Гиббса ( $\Delta_r G$ ) окисления аммиака при 25°С.

Энтропия реакции  $\Delta_r S = 45,1$  Дж/моль·К.

в) Рассчитайте энергию связи N–H  $E(\text{N–H})$ , если известно, что  $E(\text{N}\equiv\text{N}) = 941$  кДж/моль и  $E(\text{H–H}) = 436$  кДж/моль. (10)

2. Элемент **A** довольно широко распространен на Земле (0,03 атомных процента). Его соединение **I** находит применение в лабораториях, в автомобильных аккумуляторах, в производстве лекарств, красителей и множества других веществ. Для производства вещества **I** сначала необходимо взять соединение **G**. Соединение **G** можно получить реакцией взаимодействия простого вещества **D** с простым веществом **A** или с соединениями **A** (соединения типа **F** или вещество **E**). Порядковый номер элемента **C** на 10 больше порядкового номера элемента **A**. В соединении **F** степень окисления **A** равна -1.

Ниже приводятся некоторые соответствующие схемы синтеза, которые являются неполными уравнениями реакций:

1)  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{E}$ ; 2)  $\text{A} + \text{C} \rightarrow \text{F}$ ; 3)  $\text{A} + \text{D} \rightarrow \text{G}$ ; 4)  $\text{E} + \text{D} \rightarrow \text{G}$ ; 5)  $\text{F} + \text{D} \rightarrow \text{G}$ ;

6)  $\text{G} + \text{D} \rightarrow \text{H}$ ; 7)  $\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}$ ; 8)  $\text{I}$  (разбавл.) +  $\text{C} \rightarrow \text{B}$ ;

9)  $\text{I}$  (концентрир.) +  $\text{C} \rightarrow$  пассивация; 10)  $\text{I}$  (концентрир., нагревание) +  $\text{C} \rightarrow \text{G}$ ;

11)  $\text{E} + \text{G} \rightarrow \text{A}$

а) Вместо букв **A – I** запишите формулы соответствующих веществ.

б) Напишите полные уравнения реакций для схем 5), 10) и 11) и расставьте коэффициенты. Среди продуктов реакции 11) **A** представлено только в виде простого вещества. (8)

3. Натрий – щелочной металл, который получают электролизом расплавленного хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ). Для понижения температуры плавления  $\text{NaCl}$  ( $T_{\text{пл}} = 801$  °С) к нему добавляют хлорид кальция ( $\text{CaCl}_2$ ),

что позволяет проводить процесс при температуре 570 – 580 °С. На рисунке приводится электролизная ячейка, в которой проводят получение натрия.

а) Какие заряды имеют анод и катод? Напишите уравнения реакций, протекающих на них.

б) Влияет ли добавление  $\text{CaCl}_2$  на степень чистоты получаемого электролизом натрия? Ответ обоснуйте.

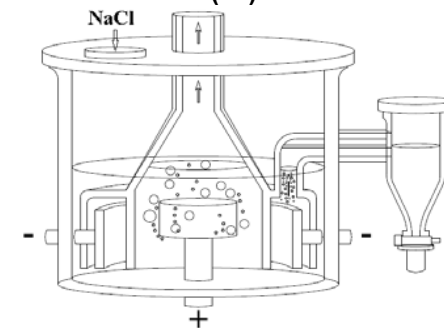
в) Почему для производства натрия используют расплавленный  $\text{NaCl}$ , а не водный раствор  $\text{NaCl}$ ? Напишите уравнения реакций, протекающих на электродах, погруженных в водный раствор  $\text{NaCl}$ .

г) Полученный электролизом натрий поместили в водный раствор соли менее активного металла. Приведите уравнение протекающей реакции.

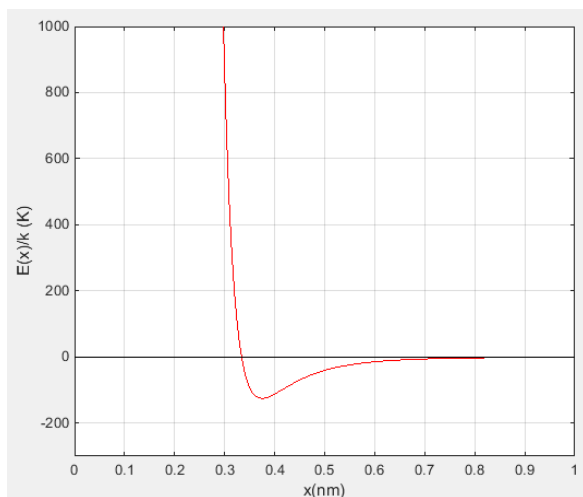
е) Взяли 0,250 литра морской воды с содержанием солей 3,5% ( $\rho = 1,03$  г/см<sup>3</sup>).  $\text{NaCl}$  ( $M = 58,4$  г/моль) составляет 78% от всех солей. Воду выпарили; полученную смесь солей расплавили и подвергли полному электролизу. Весь выделившийся на аноде газ, который получается только из  $\text{NaCl}$ , пропустили через раствор  $\text{KI}$ , которого было 500 мл. От полученного раствора отобрали пробу 100 мл, для титрования которой израсходовалось 23,1 мл 1,00 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . В ходе титрования происходит  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ .

и) Напишите уравнения всех протекавших реакций, в том числе и электролиза.

ii) Рассчитайте, сколько процентов содержащегося в морской воде хлорида натрия было экспериментально доказано после электролиза. (12)



4. Энергию взаимодействия двух молекул можно описать моделью Леннарда – Джонса. Кривая зависимости энергии от расстояние для молекул определенного вещества ( $M = 82$  г/моль) имеет следующий вид:



a) Отметьте на рисунке на оси  $x$  области межмолекулярного притяжения и отталкивания.

b) Какое расстояние между двумя молекулами в данном случае является оптимальным?

c) Имеются и другие модели, которые описывают энергию взаимодействия молекул. Нарисуйте кривую зависимости энергии от расстояния для двух молекул, если имеем дело с:

i) идеальным газом (между молекулами нет сил взаимодействия);

ii) молекулами с твердой оболочкой, между которыми нет сил притяжения и отталкивания;

iii) молекулами с твердой оболочкой, между которыми действуют только силы притяжения.

d) По молекулярно-кинетической теории газов зависимость вязкости ( $\eta$ ) газов от температуры можно рассчитать по следующей формуле

(все единицы измерения в системе СИ):  $\eta = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{mkT}{\pi}} \frac{1}{\pi d^2}$ , где  $m$  – масса молекулы,  $k$  – константа Больцманна ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К),  $d$  – диаметр молекулы,  $T$  – абсолютная температура.

i) Рассчитайте вязкость данного вещества при комнатной температуре ( $20^\circ\text{C}$ ), если диаметр молекулы  $0,33$  нм.

ii) Нарисуйте график зависимости вязкости от температуры.

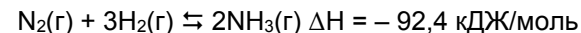
e) Известно, что изучаемое вещество при кристаллизации образует простую кубическую структуру (молекулы находятся в вершинах единичного куба). Рассчитайте

i) плотность упаковки - сколько процентов от объема единичного куба заполнено молекулами?

ii) плотность вещества.

(11)

5. Синтез аммиака из азота воздуха является одним из самых важных процессов химического производства, так как из аммиака можно получить азотные удобрения, без которых невозможно современное сельское хозяйство. Аммиак получают процессом Хабера-Боша из азота и водорода:



При температуре  $400^\circ\text{C}$  выраженная через концентрации константа равновесия реакции образования аммиака  $K_c = 0,51 \text{ л}^2/\text{моль}^2$ .

a) Запишите выражение для константы равновесия реакции образования аммиака  $K_c$  с помощью концентраций веществ.

b) i) Рассчитайте константу равновесия реакции разложения аммиака ( $2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ )  $K_c$  при температуре  $400^\circ\text{C}$ . ii) Рассчитайте константу равновесия образования аммиака  $K_p$ , выраженную через парциальные давления. Универсальная газовая постоянная

$R = 0,0831 \text{ л}\cdot\text{бар}/(\text{моль}\cdot\text{К})$  и  $0^\circ\text{C} = 273 \text{ К}$

c) В реакторе объемом  $1000 \text{ л}$ , в котором проводят синтез аммиака, установилось химическое равновесие. В реакторе находится  $400$  моль водорода и  $500$  моль азота. Определите концентрацию аммиака в реакторе.

d) В каком направлении сдвигается равновесие реакции образования аммиака, если i) повысить температуру; ii) повысить давление газов путем их сжатия; iii) повысить давление путем добавления в реакционную среду не участвующего в реакции газа?

*NB! Предположите, что имеее дело с идеальными газами!* (10)

6. В четыре заполненных водой химических стакана прибавили по отдельности соли  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{KNO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{Br}$ .

a) Какую среду (основную, кислую или нейтральную) дают эти соли в водном растворе? Какие из этих солей гидролизуются? В случае протекания гидролиза напишите соответствующие уравнения.

b) Выберите из перечисленных солей одну, которая в водной среде дает кислую реакцию. Рассчитайте значение pH в растворе этой соли, если к  $300 \text{ мл}$  воды прибавили  $36,5$  граммов соли.  $K_a(\text{HCN}) = 6,17 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_b(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 5,70 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_b(\text{NH}_3) = 1,78 \cdot 10^{-5}$  (9)