

53-е Соревнование Пяти Школ

Viljandi Gümnaasium

1. Принцип работы первых алкотестеров основывался на изменении цвета подкисленного раствора $K_2Cr_2O_7$. При пропускании паров этанола через этот раствор этанол окислялся до этановой кислоты, а цвет раствора переходил из оранжевого в зеленоватый (i). Схожим образом меняют цвет и другие растворы. Например, подкисленный раствор $KMnO_4$ превращается в бесцветный раствор $MnSO_4$ при окислении этанола до этанала (ii), а основной раствор $KMnO_4$ превращается в зелёный раствор K_2MnO_4 , при окислении этанола до этановой кислоты (iii).

a) Напишите уравнения химических реакций i–iii. (6)

b) Почему дихромат калия больше не используют в алкотестерах? (1)

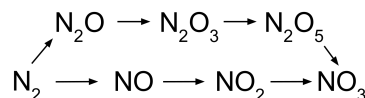
В современных алкотестерах происходит электролиз: на аноде этанол окисляется до этановой кислоты (iv), а на катоде происходит восстановление кислорода воздуха (v).

c) Напишите полуреакции iv и v. (2)

При вычислении концентрации этанола в выдыхаемом воздухе или в крови предполагают, что в 2100 см^3 выдыхаемого воздуха содержится столько же этанола, сколько содержится ровно в 1 см^3 крови ($1,06 \text{ г/см}^3$).

d) Рассчитайте концентрацию содержащегося в выдыхаемом воздухе этанола (мг/дм^3), если в 1 г крови присутствуют $0,53 \text{ мг}$ этанола. (2) **11 p**

2. Карель и Вернер соревновались в умении считать тепловой эффект реакции. Друзья вычисляли изменение энтальпии при последовательном окислении азота до NO_3 . Для расчётов они использовали значения энтальпий образования (ΔH_f) различных оксидов азота из таблицы.



	N_2	N_2O	NO	N_2O_3	NO_2	N_2O_5	NO_3	O_2
ΔH_f , кДж/моль	0	82,0	90,3	82,8	33,1	10,3	71,1	0
	$N \equiv N$	$N = N$	$N - N$	$N = O$	$N - O$	$O - O$	$O = O$	
$E_{\text{связь}}$, кДж/моль	942	418	167	607	201	142	494	

a) Напишите общее уравнение окисления азота до N_xO_y . (1)

b) Рассчитайте значение ΔH в пересчёте на один моль атомов азота для всех реакций обозначенных на схеме стрелками. (7)

Структурные формулы N_2O и N_2O_3 можно вывести, учитывая усреднённую энергию связей между атомами ($E_{\text{связь}}$), а также их энтальпию образования. В формулах Льюиса N_2O и N_2O_3 у каждого атома 8 валентных электронов, а также имеются формальные заряды (из-за чего связь между атомами на 20–80 кДж/моль сильнее).

c) Нарисуйте структурные формулы N_2O и N_2O_3 . (2) **10 p**

3. Супергерой Гидраргман состоит из металла **A**. Он родился, когда во время грозы молния три раза ударила по минералу содержащему серу ($\omega_A = 86,2\%$ по массе). Вещество **B** прореагировало с газом **C** образовав пары металла **A** и газ **D** (i). При конденсации паров металла **A** возник т.н. Больцмановский мозг, который взял себе имя Гидраргман. Для познания способностей собственного тела, Гидраргман стал изучать химические

свойства металла **A**. Он обнаружил, что при контакте его тела с раствором сильной кислоты **E** образуется соль **F** (с.о. металла **A** II, $\omega_A = 61,8\%$), инертный газ **G** и вода (ii). Соль **F** реагирует с KOH , образуя KNO_3 , оксид **X** ($\omega_A = 92,6\%$) и воду (iii). При реакции оксида **X** с перекисью водорода возникают вода и вещество **Y** ($\omega_A = 86,2\%$) (iv), которое со взрывом разлагается на вещества **A** и **C** (v). Поскольку при разложении вещества **Y** заново возникал металл **A**, то Гидраргман начал без вреда для своего тела с помощью взрывов бороться с мировым злом.

a) Определите при помощи вычислений **B**, **F**, **X** и **Y**. (4)

b) Напишите уравнения химических реакций i–v. (4) **10 p**

4. Карель и Вернер соревновались в поиске изомеров C_5H_{10} . Победителем выходил нашедший наибольшее количество структурных изомеров. Карель искал циклические, а Вернер – ациклические изомеры этого вещества.

a) Нарисуйте графические формулы всех структурных изомеров C_5H_{10} и решите, кто из друзей выиграл соревнование. (5)

Карель захотел найти ещё и *цис-транс*-изомеры данного вещества. При этом Карель искал *цис*-изомеры, а Вернер – *транс*-изомеры. Вернер захотел добавить к C_5H_{10} одну π -связь. Для полученного соединения (C_5H_8) нужно было найти все ациклические структурные изомеры. При этом Карель искал изомеры с тройной связью, а Вернер – изомеры с двумя двойными связями.

b) Нарисуйте структурные формулы всех *цис-транс*-изомеров C_5H_{10} . (2)

c) Нарисуйте структурные формулы всех ациклических структурных изомеров C_5H_8 . Повлияло ли изменение правил на результат соревнования? (4) **11 p**

5. В 1984 году Бауэр и Дэвис определили значение постоянной Фарадея посредством электролитического растворения серебра ($It = znF$). Они обнаружили, что заряд ровно в один кулон растворяет $1,1179648 \text{ мг}$ серебра. В наши дни постоянную Фарадея вычисляют умножением числа Авогадро (N_A) на элементарный заряд (e). При умножении и делении приближительных чисел остаются столько значащих цифр, сколько их имеется у числа с наименьшим их количеством.

a) Вычислите число Фарадея по двум описанным методам. (3)

Карель изготовил «эталон килограмма» путём электроосаждения меди за $8435,30$ часов при силе тока в $0,100000 \text{ А}$. К сожалению, при электролизе выделилось также 35 дм^3 водорода при температуре $25,0^\circ\text{C}$ и давлении $101,325 \text{ кПа}$ ($pV = nRT$). Вернер изготовил «эталон килограмма» путём электроосаждения серебра при той же силе тока.

b) Оцените эффективность электроосаждения меди (%). (3)

c) Вычислите длительность электроосаждения серебра (с)? (1)

d) Назовите как минимум одну величину, определяющую точность Вернерского эталона. (1) **8 p**

$A_r(\text{Ag})$	$107,8682 \text{ amü}$
$A_r(\text{Cu})$	$63,546 \text{ amü}$
N_A	$6,02214085 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
e	$1,60217662 \times 10^{-19} \text{ C}$
R	$8,314 \text{ дм}^3 \text{ кПа K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$