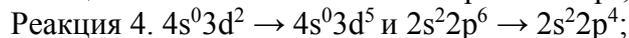
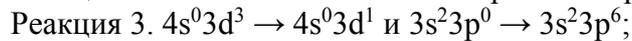
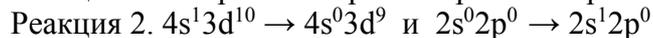
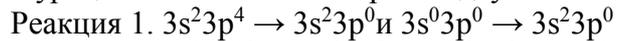


## 10 КЛАСС

### ЗАДАНИЕ 10-1 «ОВР –ОЧЕНЬ ВАЖНЫЕ РЕАКЦИИ»

Определите элементы и напишите окислительно-восстановительные реакции, используя приведенные ниже конфигурации валентных электронов двух элементов.



### РЕШЕНИЕ

См. решение задания 9-2 «ОВР –Очень Важные Реакции»

### ЗАДАНИЕ 10-2 «КРУГОВОРОТ АЗОТА»

Вам выданы вещества, содержащие один и тот же химический элемент: нитрит калия, монооксид азота, азотная кислота, аммиак, диоксид азота и нитрат калия. Расположите их в таком порядке, чтобы превращения веществ друг в друга описывались циклом, приведенным на рисунке. Каждому превращению может соответствовать лишь одна реакция. Соотнесите каждое выданное вещество с X1-X6 и составьте уравнения протекающих реакций.

### РЕШЕНИЕ



### ЗАДАНИЕ 10-3 «ГРЕМУЧИЙ ГАЗ»

Известно, что чистый водород горит спокойным ровным пламенем. Однако стехиометрическая смесь его с кислородом, называемая «гремучим газом», способна воспламениться не только от пламени, но и от искры даже с незначительной энергией. В этом случае процесс горения протекает чрезвычайно быстро, с громким хлопком, который субъективно воспринимается как взрыв. В соответствии с этим можно считать, что при стандартных условиях процесс горения водорода в кислороде протекает самопроизвольно, то есть, термодинамически допустим.

1. В каком объемном соотношении водород и воздух образуют наиболее взрывоопасную смесь?

2. Помня, что одним из критериев равновесия является выполнение условия  $\Delta_r G^\circ \leq 0$ , и, используя необходимые данные из справочных материалов, вычислите максимальную температуру, при которой данный процесс протекает самопроизвольно. Зависимостью термодинамических констант веществ от температуры следует пренебречь.

На школьных практикумах демонстрируют это явление в виде опыта «Взрыв водорода в консервной банке». Для этого перевернутую консервную банку с заткнутой дыркой на дне заполняют водородом (например, из аппарата Киппа). Через несколько минут, когда из банки водород полностью вытеснит воздух, дырку открывают и подносят к ней тлеющую лучину. У отверстия загорается небольшим пламенем выходящий из банки водород. По мере того, как снизу в банку набирается воздух, горение становится все более беспокойным, появляется гудение и тонкий писк. Когда в банке собирается достаточное количество воздуха, происходит громкий, но не опасный взрыв, и банка подпрыгивает вверх в результате взрыва газовой смеси.

3. Используя необходимые данные из справочных материалов и допустив, что 0,1% теплоты, выделяющейся в ходе реакции, расходуется на работу по подъему тела, вычислите высоту, на которую в результате взрыва, произведенного при стандартных условиях (1 атм, 25 °С), взлетит вертикально вверх банка массой 30 г и внутренним объемом 0,5 л. Сопротивлением воздуха следует пренебречь.

#### Справочные материалы:

1. Единственными компонентами воздуха считать кислород и азот в объемном соотношении  $\frac{V(N_2)}{V(O_2)} = \frac{4}{1}$ .

2. Уравнение энергии Гиббса:  $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta S^\circ$

3. Уравнение Менделеева-Клапейрона:  $pV = nRT$

4. Условие изотермического процесса:  $\Delta_r H = - E_{\text{пот}}$

5. Уравнение потенциальной энергии (для расчета высоты подъема):  $E_{\text{пот}} = - mgh$

6. Физические константы:  $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ;  $g = 10 \text{ м}/\text{с}^2$ .

7. Термодинамические константы:

	$\Delta_f H^\circ_{298}$ , кДж/моль	$\Delta S^\circ_{298}$ , Дж/(моль·К)
$H_{2(g)}$	0	131
$O_{2(g)}$	0	205
$H_2O_{(g)}$	-242	189

### РЕШЕНИЕ

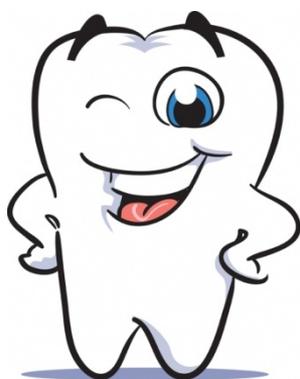
### ЗАДАНИЕ 10-4 «ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ»

При полном гидролизе 1 г двух бинарных соединений  $X_1$  и  $X_2$ , имеющих одинаковый качественный состав, в обоих случаях образуются смеси двух кислот. Для нейтрализации продуктов гидролиза  $X_1$  и  $X_2$  понадобилось 38,40 мл и 36,36 мл 1М раствора NaOH, соответственно. Соединения  $X_1$  и  $X_2$  содержат элемент X, массовая доля которого составляет 14,87 % и 22,54 %, соответственно.

1. Установите формулы соединений  $X_1$  и  $X_2$ , если известно, что основное количество элемента X в человеческом организме сосредоточено в зубной и костной ткани.

2. Составьте уравнения протекающих реакций. На основании расчетных данных по затраченному количеству щелочи, объясните кажущееся расхождение между теоретическими и экспериментальными наблюдениями.

3. Соединение  $X_2$  имело широкое применение в органическом синтезе, пока не был синтезирован его аналог со схожим комплексом химических свойств. Приведите не менее двух реакций, подтверждающих практическую значимость соединения  $X_2$ . Почему использование аналога соединения  $X_2$  является более выгодным?



4. Один из продуктов гидролиза соединения  $X_1$  склонен к олигомеризации с образованием димеров и тримеров. Изобразите их структурные формулы и предположите, какую биологическую роль они играют в человеческом организме.

### РЕШЕНИЕ

1. Основным компонентом зубной и костной тканей является фосфор. Установим молекулярную формулу неизвестных соединений в расчете на один атом фосфора:

$$M(X_1) = 31/14,87 \cdot 100 = 208,5 \text{ г/моль};$$

$$M(X_2) = 31/22,54 \cdot 100 = 137,5 \text{ г/моль}.$$

Полученные молярные массы являются нецелыми, что указывает на наличие большего числа атомов фосфора ( $208,5 \cdot 2 = 417$  - маловероятно), либо на наличие элемента с нецелой атомной массой. Таким является хлор. Значит, общая формула этих соединений  $PCl_x$ .

$$M(X_1) = 31 + 35,5x = 208,5$$

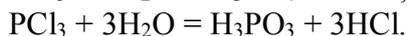
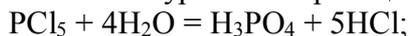
$$35,5x = 177,5 - x = 5. \text{ Соединение } X_1 - \text{ это пентахлорид фосфора } (PCl_5).$$

$$M(X_2) = 31 + 35,5x = 137,5$$

$$35,5x = 106,5 - x = 3. \text{ Соединение } X_2 - \text{ это трихлорид фосфора } (PCl_3).$$

Основным компонентом зубной и костной тканей является также кальций, но перерасчет на кальций, как искомый элемент, не дает удовлетворительных результатов (177,5 и 269 г/моль). Также можно догадаться, что оба соединения состоят из двух элементов-неметаллов, поскольку при гидролизе образуются две кислоты.

2. Составим уравнения реакций полного гидролиза:



Составим уравнения реакций нейтрализации, исходя из соотношения количеств исходных хлоридов фосфора и затраченной щелочи.

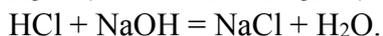
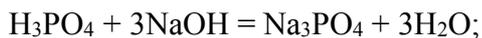
$$n(PCl_5) = 1/208,5 = 0,00480 \text{ моль};$$

$$n(NaOH) = 38,40/1000 \cdot 1 = 0,03840 \text{ моль};$$

$$n(NaOH) : n(PCl_5) = 0,03840 : 0,00480 = 8 : 1.$$

При полном гидролизе 1 моль пентахлорида фосфора образуется 1 моль фосфорной кислоты и 5 моль соляной кислоты, на нейтрализацию которых затрачивается 8 моль

гидроксида натрия. Между теоретическими и экспериментальными наблюдениями различий нет:



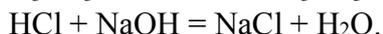
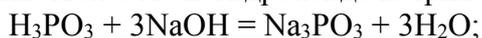
Перейдем к реакциям нейтрализации продуктов гидролиза трихлорида фосфора:

$$n(\text{PCl}_3) = 1/137,5 = 0,00727 \text{ моль};$$

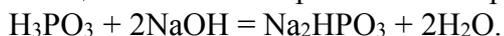
$$n(\text{NaOH}) = 36,36/1000 \cdot 1 = 0,03636 \text{ моль};$$

$$n(\text{NaOH}) : n(\text{PCl}_3) = 0,03636 : 0,00727 = 5:1.$$

При полном гидролизе 1 моль трихлорида фосфора образуется 1 моль фосфорноватистой кислоты и 3 моль соляной кислоты, на нейтрализацию которых должно затрачиваться 6 моль гидроксида натрия:



Но, фактически, фосфорноватистая кислота является двухосновной кислотой, на нейтрализацию 1 моля которой может затрачиваться лишь до 2 моль гидроксида натрия:



**3.** Хлорид фосфора (V) является сильным хлорирующим агентом и используется для замещения гидроксильной группы в производных спиртов или карбоновых кислот:



Также присутствие хлорида фосфора (V) необходимо для получения  $\alpha$ -галогензамещенных карбоновых кислот (реакция Гель-Фольгарда-Зелинского):



В промышленности вместо хлорида фосфора (V) используют тионилхлорид  $\text{SOCl}_2$ , выгодность применения которого обусловлена образованием газообразных побочных продуктов, легко удаляемых из реакционной смеси:



**4.** Фосфорная кислота является родоначальником целого ряда полифосфорных кислот с общей формулой  $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ . Формулы кислот этого ряда легко вывести самостоятельно, если при присоединении одной молекулы фосфорной кислоты отщеплять одну молекулу воды:



Линейные цепочки из двух или трех остатков фосфорной кислоты являются неотъемлемыми компонентами нуклеотидов, которые играют важную роль в энергетических и информационных внутриклеточных процессах (АДФ, АТФ), а также являются составными частями нуклеиновых кислот (РНК и ДНК).

**Система оценивания:**

Определение молекулярных масс $X_1$ и $X_2$ .....	0,5 x 2 = 1 балл
Определение молекулярных формул $X_1$ и $X_2$ .....	0,5 x 2 = 1 балл
Уравнения реакций полного гидролиза .....	1 x 2 = 2 балла
Определение соотношения NaOH к $\text{PCl}_5$ .....	1 балл
Определение соотношения NaOH к $\text{PCl}_3$ .....	1 балл
Пояснение о двухосновности фосфорноватистой кислоты .....	1 балл
Реакции с $\text{PCl}_5$ .....	1 x 2 = 2 балла
Обоснование применения тионилхлорида .....	1 балл
Структурные формулы димера и тримера .....	0,5 x 2 = 1 балл
Пояснение биологической роли димеров и тримеров .....	1 балл

**Итого: 12 баллов**

**ЗАДАНИЕ 10-5 «ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ»**

Два стакана одинаковой массы, в одном из которых находится 100 г 17%-ного раствора нитрата серебра, а в другом – 100 г 18,25%-ной соляной кислотой, поместили на две чаши весов. Через раствор нитрата серебра пропустили постоянный ток с силой в 7,1 А в течение 10,5 мин, а к соляной кислоте добавили 10 г карбоната кальция. Вычислите массу железа, которую необходимо добавить в стакан с нитратом серебра, чтобы весы уравновесились.



*Для справки: Постоянная Фарадея – 96500 Кл/моль*

### **РЕШЕНИЕ**

См. решение задания 9-4 «Химическое равновесие»