

УДК 75(04)

**РЯДЫ АКТИВНОСТЕЙ МЕТАЛЛОВ КАК СРЕДСТВО ИЗУЧЕНИЯ  
СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ И ИХ БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Б.В. Румянцев, И.Г. Горичев*

*Москва, Московский педагогический государственный университет*

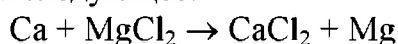
В курсе химии средней школы рассматривается ряд химических реакций [2], которые классифицируются как реакции замещения. Эти реакции рассматриваются и как свойства классов соединений, и как окислительно-восстановительные процессы в рамках электролитической диссоциации. Практически рассматриваются два вида химических реакций: взаимодействие металла с кислотой и взаимодействия

металла и раствора соли. Составляются уравнения реакции на основании электрохимического ряда напряжений металлов. Причем, физико-химические аспекты составления этого ряда и смысл значений потенциалов на первых порах не обсуждаются. Тем не менее, уравнения составляются вполне успешно.

Реакций замещения намного больше, так же как и свойства металлов значительно шире, чем взаимодействия с простыми веществами кислотами и солями. Проблема заключается в том, что необходим инструмент для корректного описания этих свойств. В данной работе мы рассмотрим принципы составления рядов активности металлов в общем виде и методику их применения для изучения свойств металлов и их бинарных соединений, таких как оксиды, галогениды, сульфиды, селениды, теллуриды.

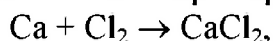
реакции металла с бинарным соединением относятся к окислительно-восстановительным процессам. Критерием возможности протекания для них служит энергия Гиббса. Этот же критерий можно использовать и для характеристики окислительно-восстановительных свойств металла как восстановителя и бинарного соединения металла как окислителя, аналогично тому, как электродный потенциал характеризует окислительно-восстановительные свойства металлов и их ионов в электрохимическом ряду напряжений.

Рассмотрим общий принцип составления ряда активности металла на примере восстановления магния из его галогенида кальцием. Уравнение этого процесса следующее:

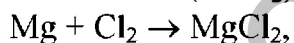


$$\Delta G_{\text{реак.}} = \Delta_r G^\circ (\text{CaCl}_2) \cdot 1 - \Delta_r G^\circ (\text{MgCl}_2) \cdot 1 = -748,8 - (-591,8) = -157,0 \text{ кДж.}$$

Отрицательное значение энергии Гиббса показывает, что кальций взаимодействует с галогенидом магния, восстанавливая его до металлического состояния. Но для другой аналогичной реакции снова необходимо вычислить значение энергии Гиббса. Однако такие реакции можно рассматривать как сумму процессов, в которых бинарные соединения получаются из простых веществ. Рассматриваемый нами пример можно представить следующим образом:



$$\Delta G^\circ = \Delta_r G^\circ (\text{CaCl}_2) \cdot 1 - ((\Delta_r G^\circ (\text{Ca}) \cdot 1 + \Delta_r G^\circ (\text{Cl}_2) \cdot 1)) = -748,80 \text{ кДж}$$



$$\Delta G^\circ = \Delta_r G^\circ (\text{MgCl}_2) \cdot 1 - ((\Delta_r G^\circ (\text{Mg}) \cdot 1 + \Delta_r G^\circ (\text{Cl}_2) \cdot 1)) = -591,80 \text{ кДж}$$

Любую реакцию взаимодействия металла с бинарным соединением другого металла можно представить подобным образом. Тогда, энергия Гиббса получения бинарного соединения из простых веществ и будет критерием окислительно-восстановительных свойств пары «металл – его бинарное соединение». Поскольку количества веществ, принимающие участие в процессах разное, энергию Гиббса реакции нужно рассчитать, исходя из участия в процессе 1 моль вещества кислорода, галогена, серы, селена, теллура.

На основании данных [1] нами были рассчитаны значения энергии Гиббса для различных бинарных соединений.

В таблице 1 приведен фрагмент ряда активности металлов по фтору, в котором металлы и их фториды расположены в порядке возрастания энергии Гиббса. (значения энергии Гиббса, расположенные во второй строке приведены к 1 моль фтора, округлены до целых).

Таблица 1 – Ряд активности металлов по фтору.

Ca	Li	Sr	Ba	Na	K	Mg	Rb	Cs
-1176	-1175	-1165	-1157	-1093	-1076	-1071	-1059	-1051
CaF <sub>2</sub>	LiF	SrF <sub>2</sub>	BaF <sub>2</sub>	NaF	KF	MgF <sub>2</sub>	RbF	CsF

Использовать этот ряд можно точно так же как и ряд напряжений. То есть металл, стоящий в ряду левее, вытесняет другой металл из его бинарного соединения. Например, кальций может восстановить и натрий, и магний из их фторидов, обратные же реакции невозможны.

Составленные таким методом ряды активности приведены в таблице 2. Поскольку мы рассчитываем на их использование в школьной практике в представленные ряды активности вошли наиболее стереотипные металлы. Для сокращения таблицы значения энергий Гиббса не приводятся.

Таблица 2 – Ряды активности металлов

<b>Ряд активности металлов по фтору</b>
CaF <sub>2</sub> ; LiF; SrF <sub>2</sub> ; BaF <sub>2</sub> ; NaF; KF; MgF <sub>2</sub> ; RbF; CsF; ScF <sub>3</sub> ; BeF <sub>2</sub> ; AlF <sub>3</sub> ; TiF <sub>3</sub> ; CsHF <sub>2</sub> ; MnF <sub>2</sub> ; TiF <sub>4</sub> ; CrF <sub>3</sub> ; GaF <sub>3</sub> ; ZnF <sub>2</sub> ; FeF <sub>2</sub> ; MnF <sub>3</sub> ; VF <sub>4</sub> ; FeF <sub>3</sub> ; CdF <sub>2</sub> ; CoF <sub>2</sub> ; PbF <sub>2</sub> ; TlF; NiF <sub>2</sub> ; SnF <sub>2</sub> ; SbF <sub>3</sub> ; CuF <sub>2</sub> ; CoF <sub>3</sub> ; Hg <sub>2</sub> F <sub>2</sub> ; PbF <sub>4</sub> ; AgF; HgF <sub>2</sub> ; AuF <sub>3</sub>
<b>Ряд активности металлов по хлору</b>
CsCl; KCl; RbCl; BaCl <sub>2</sub> ; SrCl <sub>2</sub> ; LiCl; NaCl; CaCl <sub>2</sub> ; MgCl <sub>2</sub> ; ScCl <sub>3</sub> ; TiCl <sub>2</sub> ; ZrCl <sub>2</sub> ; BeCl <sub>2</sub> – β; ZrCl <sub>4</sub> ; MnCl <sub>2</sub> ; TiCl <sub>3</sub> ; ZrCl <sub>3</sub> ; AlCl <sub>3</sub> ; VCl <sub>2</sub> ; TiCl; ZnCl <sub>2</sub> ; CrCl <sub>2</sub> ; CdCl <sub>2</sub> ; VCl <sub>3</sub> ; PbCl <sub>2</sub> ; GaCl <sub>3</sub> ; FeCl <sub>2</sub> ; SnCl <sub>2</sub> ; CoCl <sub>2</sub> ; NiCl <sub>2</sub> ; CuCl; FeCl <sub>3</sub> ; AgCl; MoCl <sub>3</sub> ; SbCl <sub>3</sub> ; HgCl <sub>2</sub> ; BiCl <sub>3</sub> ; MoCl <sub>4</sub> ; TlCl <sub>3</sub> ; HgCl <sub>2</sub> ; CuCl <sub>2</sub> ; WCl <sub>5</sub> ; WCl <sub>6</sub> ; AuCl <sub>3</sub> ; AuCl
<b>Ряд активности металлов по брому</b>
CsBr; RbBr; KBr; BaBr <sub>2</sub> ; NaBr; SrBr <sub>2</sub> ; LiBr; CaBr <sub>2</sub> ; MgBr <sub>2</sub> ; ScBr <sub>3</sub> ; TiBr <sub>2</sub> ; MnBr <sub>2</sub> ; TiBr <sub>3</sub> ; InBr; BeBr <sub>2</sub> ; AlBr <sub>3</sub> ; TlBr; ZnBr <sub>2</sub> ; CdBr <sub>2</sub> ; TiBr <sub>4</sub> ; VBr <sub>3</sub> ; PbBr <sub>2</sub> ; CrBr <sub>3</sub> ; GaBr <sub>3</sub> ; FeBr <sub>2</sub> ; CuBr; NiBr <sub>2</sub> ; AgBr; Hg <sub>2</sub> Br <sub>2</sub> ; SnBr <sub>4</sub> ; FeBr <sub>3</sub> ; SbBr <sub>3</sub> ; HgBr <sub>2</sub> ; WBr <sub>3</sub> ; WBr <sub>6</sub> ; PtBr <sub>4</sub> ; PtBr <sub>2</sub> ; AuBr; AuBr <sub>3</sub>
<b>Ряд активности металлов по иоду</b>
CsI; RbI; KI; BaI <sub>2</sub> ; NaI; Srl <sub>2</sub> ; Lil; Cal <sub>2</sub> ; Mgl <sub>2</sub> ; Mnl <sub>2</sub> ; Til <sub>2</sub> ; Til <sub>3</sub> ; ZnI <sub>2</sub> ; Cdl <sub>2</sub> ; All <sub>3</sub> ; Bel <sub>2</sub> ; Til <sub>4</sub> ; Pbl <sub>2</sub> ; Gal <sub>3</sub> ; Cul; AgI; FeI <sub>2</sub> ; BiI <sub>3</sub> ; Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub> ; Hgl <sub>2</sub> ; Nil <sub>2</sub> ; GeI <sub>4</sub> ; SnI <sub>4</sub> ; Sbl <sub>3</sub> ; Aul
<b>Ряд активности металлов по кислороду</b>
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; CaO; BeO; Li <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ; MgO; Li <sub>2</sub> O; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; BaO; SrO; PuO <sub>2</sub> ; TiO; Ti <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; TiO <sub>2</sub> ; VO; V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Na <sub>2</sub> O; MnO; Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; VO <sub>2</sub> ; K <sub>2</sub> O; ZnO; Cs <sub>2</sub> O; Rb <sub>2</sub> O; Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; CrO <sub>2</sub> ; GeO <sub>2</sub> ; SnO <sub>2</sub> ; SnO; FeO; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; GeO; MnO <sub>2</sub> ; CdO; CoO; NiO; Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; PbO; Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Cu <sub>2</sub> O; CuO; PbO <sub>2</sub> ; CrO <sub>3</sub> ; HgO; Ag <sub>2</sub> O; Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; PbO; Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; Cu <sub>2</sub> O; CuO; PbO <sub>2</sub> ; CrO <sub>3</sub> ; HgO; Ag <sub>2</sub> O; Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Ряд активности металлов по сере</b>
CaS; Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ; SrS; BaS; Li <sub>2</sub> S; K <sub>2</sub> S; Na <sub>2</sub> S; MgS; Rb <sub>2</sub> S; TiS; BeS; MnS; MnS; TiS <sub>2</sub> ; ZnS; Ga <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ; CdS; In <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ; InS; MnS <sub>2</sub> ; FeS; PbS; SnS; Tl <sub>2</sub> S; GeS <sub>2</sub> ; Cu <sub>2</sub> S; FeS <sub>2</sub> ; SnS <sub>2</sub> ; NiS; GeS; CuS; Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ; HgS; HgS; Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ; Ag <sub>2</sub> S
<b>Ряд активности металлов по селену</b>
Na <sub>2</sub> Se; ZnSe; CdSe; MnSe; In <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> ; PbSe; SnSe; GeSe; Cu <sub>2</sub> Se; SnSe <sub>2</sub> ; Tl <sub>2</sub> Se; HgSe; Sb <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>
<b>Ряд активности металлов по теллуру</b>
Na <sub>2</sub> Te; ZnTe; CdTe; SnTe; BiTe; GeTe; Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> ; Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>

Использование рядов активности по элементу позволит расширить представление учащихся как о типах реакций, так и о свойствах металлов.

Список литературы

1. Волков, А.И. Термодинамические характеристики веществ : справочник / А.И. Волков, И.М. Жарский. - Минск : Букмакстер, 2014. - 288 с.
2. Габриелян, О.С. Химия. 8 класс : учебник / О.С. Габриелян, В.И. Сивоглазов, С.А. Сладков. - 2-е изд., стереотип. - М. : Дрофа, 2014. - 190 с.

Репозиторий ВГУ