



В качестве респондентов мы выбрали студентов гуманитарных факультетов Челябинского государственного педагогического университета (ЧГПУ). В результате обработки анкет было установлено, что у студентов всех факультетов есть значительные пробелы в знаниях по химии школьного уровня. Для наибольшей достоверности данных, в настоящей работе примем во внимание результаты лишь тех студентов, которые прошли тестирование три раза в 2013 г., 2014 г. и в 2015 г. соответственно. Базу исследования составили исторический факультет (67 человек), факультет учителей начальных классов (64 человека).

Подводя итог проделанной работы, нужно отметить, что в целом эксперимент прошёл успешно. Выбранный метод оценки остаточных знаний оказался достаточно информативен и позволил выявить уровень знаний по химии у студентов-гуманитариев и определить пробелы школьного химического образования.

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о том, что наибольшие пробелы в остаточных знаниях относятся к разделу школьной программы по органической химии. Крайне неудовлетворительно обстоит дело с владением выпускниками элементарными расчётами. Таким образом, учителям химии и соответственно методистам и авторам учебников по химии необходимо обратить внимание на эти результаты. Можно думать, что для усиления образовательного эффекта расчётные задачи в курсе школьной химии целесообразно строить на бытовых примерах, близких школьникам по смыслу.

Вышеуказанные проблемы современного школьного химического образования нуждаются в скорейшем решении. Для достижения более прочных знаний по химии у молодого поколения необходимо найти такие средства обучения, которые были бы интересны и понятны обучаемому, а главное, находили бы прямое применение в повседневной деятельности любого человека. В роли таких средств могут выступить практико-ориентированные рекомендации к школьному учебнику химии.

УДК 004.372.854

М.А. Осина, Д.Г. Нарышкин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Московский энергетический институт), г. Москва, Российская Федерация

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАВНОВЕСИЙ В СИСТЕМЕ ОСАДОК-РАСТВОР

Расчет равновесий в гетерогенных системах и в учебной и в технологической практике сводится к задачам двух типов: расчет растворимости и определение условий осаждения осадка. Гетерогенные равновесия между осадком малорастворимой соли и ее насыщенным раствором часто осложнены процессами гидролиза. Расчет равновесий в таких системах представляет непростую расчетную задачу.

Корректный расчет в таких сложных многокомпонентных системах должен основываться на построении химической модели системы – описании всех независимых равновесий в растворе системой химических уравнений, математической модели системы – описании системой уравнений связей между равновесными концентрациями и константами равновесия процессов, уравнений материального баланса и электронейтральности раствора.

Такой подход методологически более целесообразен, поскольку акцентирует внимание на сущности процессов, протекающих в исследуемой системе.

1. Расчет растворимости в гетерогенных системах.



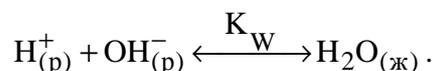
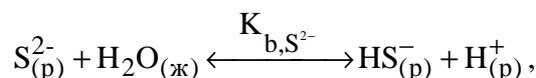
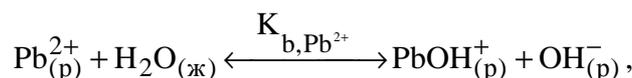
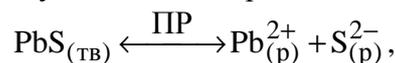
$\text{PbS} = \text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-}$ $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{HS}^- + \text{OH}^-$ $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ $\text{Pb}^{2+} + \text{OH}^- = \text{PbOH}^+$	PP_{PbS} $K_b = K_w / K_{\text{dis.H}_2\text{S.2st}}$ K_w $1/K_{\text{dis.Pb(OH)2.2st}}$
$K_b := 2.755 \times 10^{-3} \quad K_w := 10^{-14} \quad \text{PP}_{\text{PbS}} := 6.2 \cdot 10^{-28} \quad K_{\text{d.H}_2\text{S.2st}} := 3.63 \cdot 10^{-12} \quad K_{\text{dis.2.PbOH}} := 3.0 \cdot 10^{-8}$	
<p>Уравнение, определяющее равновесие реакции</p> $\text{PbS} = \text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-}$	<p>Given</p> $\left[\text{C}_{\text{Pb}^{2+}} \right] \left[\text{C}_{\text{S}^{2-}} \right] = \text{PP}_{\text{PbS}}$
<p>Уравнение, определяющее равновесие реакции взаимодействия карбонат-ионов с водой диссоциации:</p>	$\frac{\left[\text{C}_{\text{HS}^-} \right] \left[\text{C}_{\text{OH}^-} \right]}{\left[\text{C}_{\text{S}^{2-}} \right]} = K_b$
<p>Уравнение, определяющее равновесие диссоциации воды</p>	$\left[\text{C}_{\text{H}^+} \right] \left[\text{C}_{\text{OH}^-} \right] = K_w$
<p>Уравнение, определяющее равновесие реакции гидратации иона Pb^{2+}</p>	$\frac{\left[\text{C}_{\text{PbOH}^+} \right]}{\left[\text{C}_{\text{Pb}^{2+}} \right] \left[\text{C}_{\text{OH}^-} \right]} = K_{\text{dis.2.PbOH}}^{-1}$
<p>Уравнение, определяющее материальный баланс по свинцу и сере:</p>	$\left[\text{C}_{\text{Pb}^{2+}} \right] + \left[\text{C}_{\text{PbOH}^+} \right] = \left[\text{C}_{\text{S}^{2-}} \right] + \left[\text{C}_{\text{HS}^-} \right]$
<p>Уравнение, определяющее электронейтральность раствора:</p>	$2 \left[\text{C}_{\text{Pb}^{2+}} \right] + \left[\text{C}_{\text{H}^+} \right] + \left[\text{C}_{\text{PbOH}^+} \right] = 2 \left[\text{C}_{\text{S}^{2-}} \right] + \left[\text{C}_{\text{HS}^-} \right] + \left[\text{C}_{\text{OH}^-} \right]$
<p>Символьное решение системы уравнений:</p>	
$\text{Find} \left(\left[\text{C}_{\text{H}^+} \right], \left[\text{C}_{\text{OH}^-} \right], \left[\text{C}_{\text{Pb}^{2+}} \right], \left[\text{C}_{\text{S}^{2-}} \right], \left[\text{C}_{\text{HS}^-} \right], \left[\text{C}_{\text{PbOH}^+} \right] \right)^T_{\text{float},2} \rightarrow$	$\begin{pmatrix} -1.0 \cdot 10^{-7} & -1.0 \cdot 10^{-7} & -2.7 \cdot 10^{-12} & -2.3 \cdot 10^{-16} & 6.3 \cdot 10^{-12} & 9.0 \cdot 10^{-12} \\ 1.0 \cdot 10^{-7} & 1.0 \cdot 10^{-7} & -2.0 \cdot 10^{-12} & -3.1 \cdot 10^{-16} & -8.6 \cdot 10^{-12} & -6.6 \cdot 10^{-12} \\ -3.6 \cdot 10^{-12} & -2.8 \cdot 10^{-3} & 2.3 \cdot 10^{-25} & 2.8 \cdot 10^{-3} & -2.8 \cdot 10^{-3} & -2.1 \cdot 10^{-20} \\ 1.0 \cdot 10^{-7} & 1.0 \cdot 10^{-7} & 2.0 \cdot 10^{-12} & 3.1 \cdot 10^{-16} & 8.6 \cdot 10^{-12} & 6.6 \cdot 10^{-12} \\ -1.0 \cdot 10^{-7} & -1.0 \cdot 10^{-7} & 2.7 \cdot 10^{-12} & 2.3 \cdot 10^{-16} & -6.3 \cdot 10^{-12} & -9.0 \cdot 10^{-12} \\ -3.3 \cdot 10^{-7} & -3.0 \cdot 10^{-8} & 3.0 \cdot 10^{-7} & 2.0 \cdot 10^{-21} & -1.9 \cdot 10^{-16} & -3.0 \cdot 10^{-7} \end{pmatrix}$
$\left[\text{C}_{\text{H}^+} \right] := 1.0 \cdot 10^{-7} \quad \left[\text{C}_{\text{Pb}^{2+}} \right] := 2.0 \cdot 10^{-12} \quad \left[\text{C}_{\text{S}^{2-}} \right] := 3.1 \cdot 10^{-16} \quad \left[\text{C}_{\text{HS}^-} \right] := 8.6 \cdot 10^{-12} \quad \left[\text{C}_{\text{PbOH}^+} \right] := 6.6 \cdot 10^{-12}$	

Рисунок 1 – Расчет равновесных концентраций всех частиц, образующихся при растворении PbS в воде с учетом гидролиза соли по катиону и аниону

Более точный расчет растворимости сульфида свинца PbS в воде предполагает учет гидролиза катионов и анионов соли на растворимость твёрдой фазы: концентраций Pb – содержащих или S -содержащих частиц [1]:

$$\text{PbS} = [\text{Pb}^{2+}] + [\text{PbOH}^+] = [\text{S}^{2-}] + [\text{HS}^-].$$

Химическая модель системы будет включать равновесия:

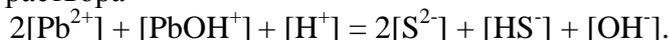




Каждое из этих равновесий количественно характеризует соответствующая константа равновесия (рис. 1), а систему – уравнения материального баланса



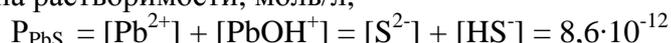
и электронейтральности раствора



И задача сводится к решению системы семи нелинейных алгебраических уравнений.

Практическое применение полученных знаний требует умения не только математически формализовать конкретную реальную задачу, но и решить ее, проведя довольно сложные расчеты, которые без применения современных систем компьютерной математики [2] реализовать (рис. 1) практически невозможно.

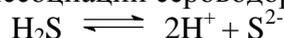
Полученная величина растворимости, моль/л,



значительно выше значения, рассчитанного традиционным для учебной литературы [3, 4] способом, предполагающим отсутствие гидролиза.

2. Определение условий осаждения осадка.

При определении условий осаждения осадка, например FeS в растворе сероводородной кислоты в [5,6], считают, что при диссоциации сероводородной кислоты



концентрация

$$[\text{S}^{2-}] = 0,5[\text{H}^+],$$

но тогда не соблюдается ни уравнение электронейтральности

$$[\text{H}^+] = [\text{HS}^-] + [\text{OH}^-] + 2[\text{S}^{2-}],$$

ни уравнение материального баланса по сере.

Константы диссоциации по первой и второй ступени и константы воды при 298K:				
$K_{d1} := 1.10 \cdot 10^{-7}$	$K_{d2} := 3.63 \cdot 10^{-12}$	$K_w := 1 \cdot 10^{-14}$	$C_0 := 0.1$	
Уравнения, описывающие поведение исследуемой системы. Given				
Уравнение, определяющее равновесие диссоциации кислоты по 1 ступени: $\frac{[\text{C}_{\text{H}^+}] \cdot [\text{CHAn}^-]}{[\text{CH}_2\text{An}]} = K_{d1}$				
Уравнение, определяющее равновесие диссоциации кислоты по 2 ступени: $\frac{[\text{C}_{\text{H}^+}] \cdot [\text{C}_{\text{An}^{-2}}]}{[\text{CHAn}^-]} = K_{d2}$				
Уравнение, определяющее равновесное соотношение между ионами водорода и гидроксида: $[\text{C}_{\text{H}^+}] \cdot [\text{COH}^-] = K_w$				
Уравнение, определяющее электронейтральность раствора: $[\text{C}_{\text{H}^+}] = [\text{CHAn}^-] + 2 \cdot [\text{C}_{\text{An}^{-2}}] + [\text{COH}^-]$				
Уравнение, определяющее материальный баланс: $[\text{CHAn}^-] + [\text{C}_{\text{An}^{-2}}] + [\text{CH}_2\text{An}] = C_0$				
Find($[\text{C}_{\text{H}^+}], [\text{CHAn}^-], [\text{C}_{\text{An}^{-2}}], [\text{CH}_2\text{An}], [\text{COH}^-]$) ^T float, 5 →				
	0.00010483	0.00010483	3.63e-12	0.099895
	-0.00010494	-0.00010494	3.63e-12	0.1001
	2.0489e-7	0.19866	-0.098645	-0.000012573
	0.0078125	0.0078125	0.10139	-0.023437
				-9.5396e-11
				-0.0013679

Рисунок 2 – Расчет pH и $[\text{S}^{2-}]$ в водном растворе H_2S



Действительно, при подстановке $[S^{2-}]$ в уравнение электронейтральности получим $[H^+] = [HS^-] + [OH^-] + 2 \cdot 0,5[H^+]$.

Поэтому обсуждать результаты расчетов [5-7] не имеет смысла.

Решение задачи сводится к расчету (рис. 2-4) равновесных концентраций сульфид-ионов S^{2-} в водном растворе H_2S и сравнению произведения концентрации ионов Fe^{2+} и S^{2-} с произведением растворимости FeS .

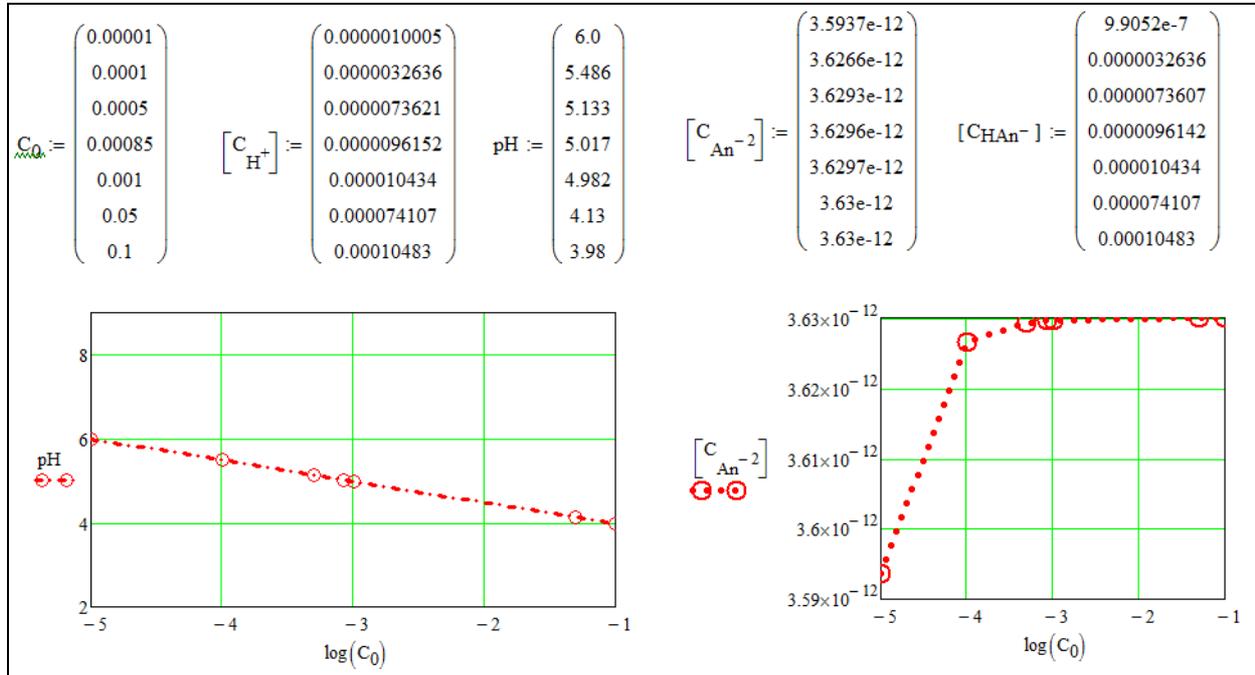


Рисунок 3 – pH и равновесные концентрации сульфид-ионов водного раствора сероводородной кислоты в зависимости от концентрации кислоты

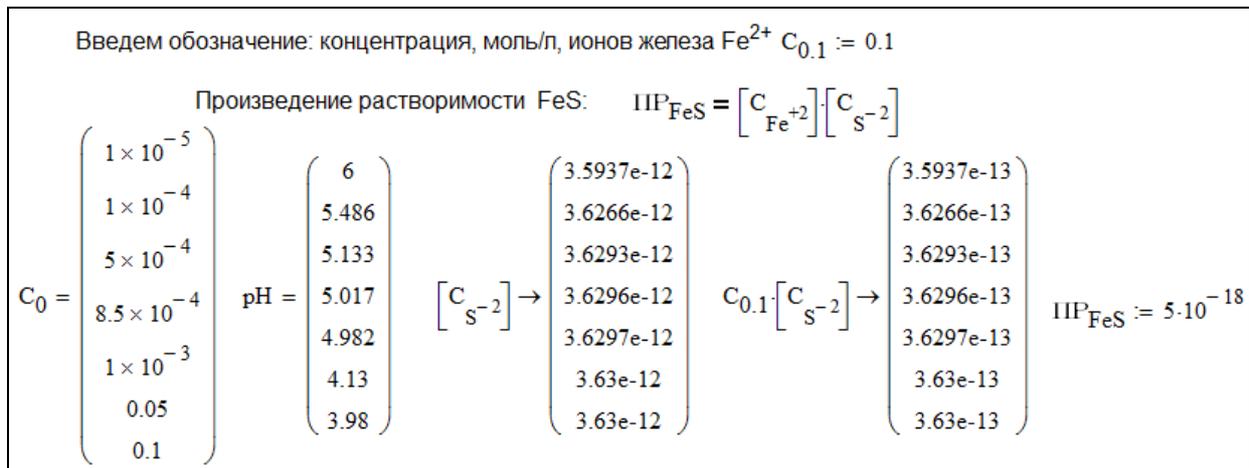


Рисунок 4 – Результаты расчета: сравнение произведения концентраций ионов железа и равновесных концентраций сульфид-ионов с произведением растворимости FeS

Условием осаждения FeS является соотношение: $C_{0.1} \cdot [C_{S^{2-}}] > IP_{FeS}$. Добавляя HCl (рис. 5), можно сместить равновесие диссоциации сероводородной кислоты, тем самым регулировать интервал pH процесса растворение-осаждение сульфида железа в растворе сероводородной кислоты.

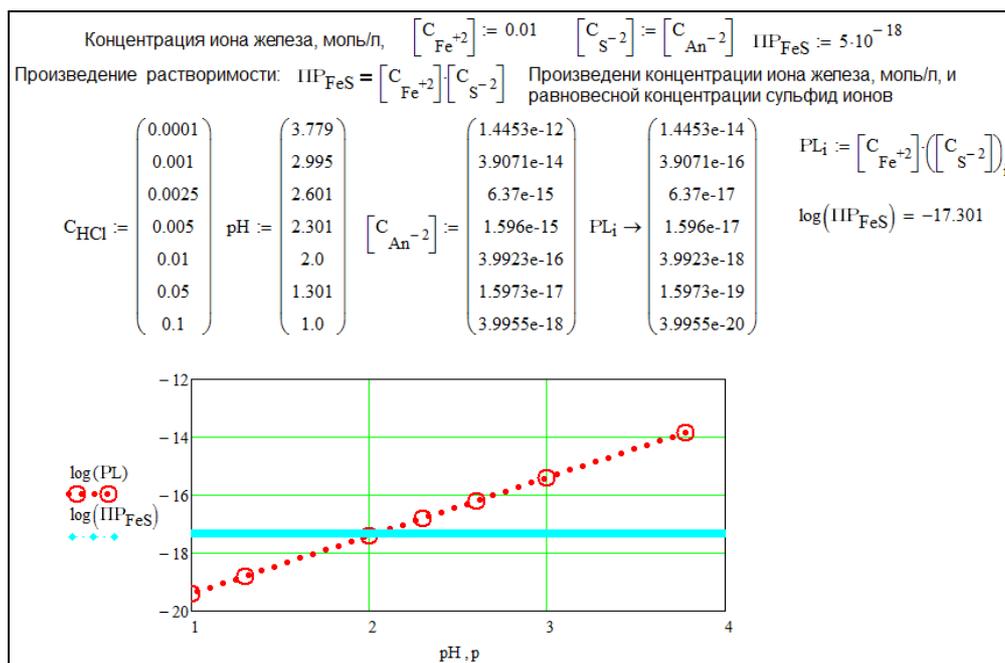


Рисунок 5 – Результаты расчета: определение интервала pH раствора процесса растворение-осаждение сульфида железа в растворе сероводородной кислоты

Значения констант равновесия приведены по [7]. Расчеты проведены с помощью 15 версии Mathcad [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кунце, Удо. Основы качественного и количественного анализа / У. Кунце, Г. Шведт; пер. с нем. А.В. Гармаша. – М.: Мир, 1997. – 424 с.
2. Очков, В.Ф. Mathcad 12 для студентов и инженеров: учебное пособие / В.Ф.Очков. –СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 464 с.
3. Химия: учеб. для вузов по техн. направлениям и специальностям / А.А. Гуров, Ф.З. Бадаев, Л.П. Овчаренко, В.Н. Шаповал. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 777 с.
4. Коровин, Н.В. Общая химия: учебник для студ. высш. проф. образования / Коровин Н.В. – М: Изд. «Академия», 2013 – 496 с.
5. Крылова, Л.Ф. Физическая химия: Сборник задач: учеб.-метод. пособие / сост. Л.Ф. Крылова, Г.А. Костин, Г.И. Шамовская. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. – 169 с.
6. Кнорре, Д.Г. Физическая химия: учебник / Д.Г. Кнорре, Л.Ф. Крылова, В.С. Музыкантов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высшая школа, 1990. – 416 с.
7. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. – Санкт-Петербург: Специальная литература, 2002. – 231с.

УДК 372.854

А.Н. Пахоменко, Н.В. Барашков, Я.С. Волкова

Учреждение образования «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова», г. Могилев, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА КНИГИ ДЛЯ ЧТЕНИЯ ПО ХИМИИ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕМ ШКОЛЬНОГО КУРСА ХИМИИ

В 1972 г. конференция Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды обратила внимание мировой общественности, глав государств и правительств на невозможность дальнейшего экономического роста без учета социальных и экологических последствий. В 1983 году была создана Международная комиссия по