Na_2S 与 $FeCl_3$ 溶液反应的实验探究及思考

朱华英，刘怀乐
（重庆巴蜀中学，重庆 400013）

摘要： 用实证的方法认识 Na_2S 与 $FeCl_3$ 溶液混合与作用，从反应现象去认识反应过程，从而得出这样的认识：在反应生成的黑色沉淀中，一定有 FeS 和单质硫 S，但不含 $Fe(OH)_3$。一般说来，仅在 Na_2S 过量的情况下，黑色沉淀中才可能有 Fe_2S_3。

关键词： 双水解反应；平行反应；氧化反应；先后反应；Fe_2S_3
文章编号： 1005-6629(2018)8-0088-03　　**中图分类号：** G633.8　　**文献标识码：** B

20 多年前我们仔细思考过 Na_2S 与 $FeCl_3$ 溶液反应的问题，并有文字的叙述[1]。最近有同行朋友不约而同地也以此为题写了一篇文章需要我们斟酌。仔细看了以后，我们觉得还有必要重新审视这个问题。

1 问题背景

在中学不少教辅资料上都出现了 Na_2S 与 $FeCl_3$ 溶液反应的问题，无论是公开讨论也好，抑或是教师在课堂上讲课也好，既有相同的认识，也有不同的声音。例如：

(1) 肯定会发生氧化还原反应；

$$2FeCl_3 + Na_2S = 2FeCl_2 + 2NaCl + S\downarrow$$

$$2Fe^{3+} + S^{2-} = 2Fe^{2+} + S\downarrow$$

(2) 可能还有黑色 Fe_2S_3 和 FeS 生成；

$$2Fe^{3+} + 3S^{2-} = Fe_2S_3\downarrow$$

$$Fe^{2+} + S^{2-} = FeS\downarrow$$

(3) 是否还有 Na_2S 与 $FeCl_3$ 之间发生所谓的双水解反应；

$$2FeCl_3 + 3Na_2S + 6H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow + 6NaCl$$

$$2Fe^{3+} + 3S^{2-} + 6H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$$

(4) $FeCl_3$ 溶液有氧化性，当 $FeCl_3$ 过量时反应生成的 Fe_2S_3，是否还有可以进一步被 $FeCl_3$ 氧化生成 S 的可能性。

以上陈述以及反应表达式似乎都是顺理成章的，但有两个问题在教学时需要面对。一是理论假设和实验事实是否一致，二是反应试剂的浓度、加入的先后顺序是否对反应现象和生成物的种类产生影响。

2 反应过程初探

2.1 添加试剂的顺序不同，现象不同

实验 1　在稀的 Na_2S 溶液中逐滴加入 $FeCl_3$ 稀溶液，直至过量。

为了观察方便，试管里注入不少于 1/3 试管体积的 Na_2S 稀溶液，逐滴加入 $FeCl_3$ 稀溶液。从沿着试管壁加入的第 1 滴 $FeCl_3$ 溶液开始，静置观察几秒钟之后再振荡，可见即刻有浓浓的黑墨色沉淀生成；当滴入第 2 滴，第 3 滴，直至 $FeCl_3$ 溶液过量，可见黑色沉淀在逐渐增多之后又逐渐部分溶解，呈黄褐色浑浊样。

鉴于 Na_2S 溶液呈强碱性反应，反应开初，$FeCl_3$ 与 Na_2S 溶液之间主要是以发生简单离子反应（复分解反应）为主，生成 Fe_2S_3 沉淀：

$$2Fe^{3+} + 3S^{2-} = Fe_2S_3\downarrow (黑)$$

由于 $FeCl_3$ 溶液的浓度很稀，氧化能力弱，以下反应很难发生，即使发生了，在数量上也是很次要的。

$$2Fe^{3+} + S^{2-} = 2Fe^{2+} + S\downarrow$$

$$Fe^{2+} + S^{2-} = FeS\downarrow$$

随着生成黑色沉淀（Fe_2S_3）量的增多，Na_2S 溶液消耗殆尽时，溶液的 pH 减小，$FeCl_3$ 的氧化性相对增强，因此反应后期滴入的 $FeCl_3$ 溶液可能将 Fe_2S_3 溶解（氧化），使反应混合液呈黄褐色浑浊样。

$$Fe_2S_3 + 4FeCl_3 = 6FeCl_2 + 3S\downarrow (黄)$$

实验 2　在稀 $FeCl_3$ 溶液中逐滴加入稀 Na_2S 溶液，直至过量。

注意观察，当第 1 滴 Na_2S 溶液与 $FeCl_3$ 溶液

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

接触的一瞬间，也立即生成浓墨黑样的Fe_2S_3沉淀，当沉淀下沉扩散时又可以被下层的$FeCl_3$溶解(氧化)，这时的溶液因混有单质S呈黄褐色样(反应同前)。待后继滴入的Na_2S把$FeCl_3$消耗殆尽时(最先滴入的S^{2-}几乎全部转化成单质S，黄褐色样更加浑浊；溶液中的Fe^{3+}也几乎全部转化为Fe^{2+})，之后滴入的S^{2-}则与Fe^{2+}结合生成大量同样呈浓墨黑样的FeS沉淀。反应过程可大致表示于下：

起初，$2FeCl_3 + 3Na_2S = Fe_2S_3\downarrow + 6NaCl$

继而，$Fe_2S_3 + 4FeCl_3 = 6FeCl_2 + 3S\downarrow$

最后，$FeCl_2 + Na_2S = FeS\downarrow + 2NaCl$

$Fe^{2+} + S^{2-} = FeS\downarrow$

新生成的FeS跟Fe_2S_3一样，既溶于稀H_2SO_4又溶于$FeCl_3$。为此，我们把上述沉淀经充分水洗，直至呈中性后，分做以下两项实验：

实验3　在沉淀中加入$FeCl_3$溶液，可见黑色沉淀大部分溶解。与之相应的反应是：

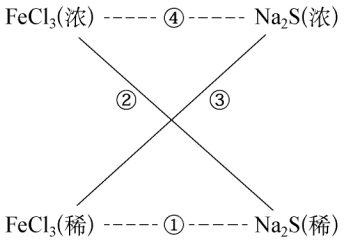
$$FeS + 2FeCl_3 = 3FeCl_2 + S\downarrow$$

实验4　在沉淀中加入H_2SO_4，在沉淀溶解的同时，可以明显闻到H_2S的臭鸡蛋味。与之相应的反应是：

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S\uparrow$$

2.2　所用试剂的浓度、用量不同，现象也不同

不同浓度的$FeCl_3$和Na_2S溶液相混合，可以有下所示的4种不同作用情况：



如果相互滴加试剂的顺序、试剂的浓度不同，①②③种情况跟实验1和实验2的现象是基本相同(或相似)的，唯独第④种情况的反应显著放热。似乎可以这样认为，只要溶液稀了，反应热会被稀释，热现象不明显。

实验5　在$FeCl_3$的浓溶液中，逐滴加入浓的Na_2S直至过量。反应主要生成大量墨黑色的Fe_2S_3和FeS的混合沉淀。尽管不可避免也会有Fe^{3+}与S^{2-}，以及Fe^{3+}与Fe_2S_3间的氧化还原反应生成黄色单质S，但是由于深黑色FeS等的掩盖作用，黄色无法显现出来。

实验6　在Na_2S的浓溶液中，逐滴加入浓的$FeCl_3$溶液，直至过量。反应开初也生成墨黑色的硫化物沉淀，但到反应后期，由于Fe^{3+}的氧化作用，致使S^{2-}、Fe_2S_3、FeS中的S均被Fe^{3+}氧化成单质S，整个反应产物呈明显的淡黄色浑浊。实验5和实验6一墨一黄，形成鲜明的对比。

实验7　由实验1～实验6所得到的黑色沉淀，分别静置过夜，用吸液滴管吸出(弃去)上层清液，然后在沉淀中加入适量的酒精，振荡，静置，然后把静置后的上层清液吸出，轻轻注入盛有半试管水的液面上，你会发现液面上立即显白色浑浊，这是溶解在酒精中的S，因改换溶剂(水)而被析出。这是墨黑色沉淀中有单质S存在的铁证。

3　不可忽视的两个问题

3.1　沉淀中有没有$Fe(OH)_3$

根据Na_2S和$FeCl_3$溶液的酸碱性，似乎顺理成章地可以写这两种盐溶液之间所谓的双水解反应：

$$2Fe^{3+} + 3S^{2-} + 6H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$$

于是，有人认为黑色沉淀中也含有$Fe(OH)_3$。

我们认为，Na_2S与$FeCl_3$溶液之间的反应，无论是Na_2S滴入$FeCl_3$溶液中，还是$FeCl_3$滴进Na_2S溶液中，又特别是在Na_2S溶液过量的情况下，黑色沉淀中几乎不可能有$Fe(OH)_3$存在。下面的实验有力地支持了这种认识。

实验8　试管里装入新制的、经水充分洗涤呈中性的$Fe(OH)_3$沉淀，当滴入Na_2S溶液时，可见棕色的$Fe(OH)_3$沉淀慢慢变成了黑色。如果把这种沉淀洗涤后加入$FeCl_3$溶液，沉淀又复溶解。

3.2　$FeCl_3$溶液不宜酸化

习惯上都要在配制好的$FeCl_3$溶液中加几滴稀盐酸以防止$FeCl_3$水解，本实验中若将$FeCl_3$溶液酸化是不恰当的。原因有二：

(1) Na_2S容易被氧化成Na_2SO_3。即使是新购进的分析纯Na_2S也多少含有少量被氧化生成的Na_2SO_3。所以，将试剂Na_2S溶液酸化，会出现乳白色浑浊。

(下转第96页)

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参考文献:

[1] 陈慧娟. 科学写作——有效促进概念改变的教学策略[J]. 中等教育,1998,(6): 123~131.

[2] 张红洋,张会端. 科学写作: 一个亟待重视的科学教育领域[J]. 外国中小学教育,2009,(2): 46~51.

[3] 傅鸣,陈凯,李伟. 美国高中教材《生物·生命的动力》中关于科学写作的分析[J]. 中学生物学,2013,(9): 23.

[4] 陈凯. 分析美国教材的科学写作主题[J]. 中学化学教学参考,2012,(6): 20.

[5] (美) Biggs A. etc,曾立等译. Biology: The Dynamics of Life(生物: 生命的动力)[M]. 杭州: 浙江教育出版社,2008.

[6] (美) Zitzewitz. P. W,钱振华著. Physics: Principles and Problems(物理: 原理与问题)[M]. 杭州: 浙江教育出版社,2008.

[7] (美) Phillips J S, Strozak V S, Wisterom C,王祖浩等译. Chemistry: Concepts and Application(化学: 概念与应用)[M]. 杭州: 浙江教育出版社,2005.

[8] (美) Hess F. S. etc.,许珺等译. Earth Science: Geology, the Environment and the Universe(地球科学: 地理、地质学、环境与宇宙)[M]. 杭州: 浙江教育出版社,2008.

[9] Key, C. M.. The development of scientific reasoning skills in conjunct ion with collaborative writing assignments: An interpretive study of six ninth-grade students [J]. Journal of Research in Science Education, 1994,(9): 1003~1022.

[10] 胡瑞萍,林陈涌. 写作与科学学习[J]. 科学教育月刊,2002,(10): 2~18.

[11] 陈凯. 美国高中化学教科书中的"科学写作"分析与启示——以《化学: 概念与应用》为例[J]. 化学教育,2013,(11): 84~88.

[12] National Research Council(NRC). National Science Education Standards [M]. Washington, DC: National Academy Press, 1996.

[13] American Association for the Advancement of Science (AAAS). Science for all Americans [M]. New York: Oxford University Press,1989.

[14] Seabury D. L. The Writing Connection: Implication of Research on the Design of Writing Activities for Teaching Elementary Science [EB/OL]. http://catalogue.nla.gov.au/Record/5683148.

(上接第89页)

$$2Na_2S + Na_2SO_3 + 3H_2SO_4 = 3Na_2SO_4 + 3S + 3H_2O$$

显然,用盐酸去酸化 $FeCl_3$ 溶液对本实验会有干扰。

(2) 酸化的 $FeCl_3$ 的氧化性,比没有酸化的 $FeCl_3$ 溶液有更强的氧化性,可能会产生多种干扰影响对本实验的观察和认识。

综上可见,Na_2S 与 $FeCl_3$ 溶液混合,无论溶液是稀是浓,也无论是 Na_2S 滴入 $FeCl_3$ 溶液中,抑或是 $FeCl_3$ 滴入 Na_2S 溶液中,也仅仅是反应过程稍有不同。在所生成的沉淀中,一定含有 FeS 和单质 S,但不含 $Fe(OH)_3$,也仅在 Na_2S 过量的情况下,沉淀中才可能含有 Fe_2S_3。

4 导教导学思考

$FeCl_3$ 与 Na_2S 溶液之间的反应在教学中所要讨论的问题可能远不止这些,但它带给我们以人为本(以学生为本)的导学思想可能还远不止这些。我们认为,明确以下几点导学思想会更有益处:

第一,类似像 $FeCl_3$ 与 Na_2S 溶液之间的反应,在中学化学里作定量研究意义不大,要刻意去配制有准确浓度的试剂来做实验也没必要; 两种溶液的浓度——浓与稀都是相对的,只要浓与稀在实验现象上有明显差别,则足以论证和说明问题。

第二,导学中应强调反应过程,特别是通过观察化学现象去认识化学反应过程,进而体味化学反应的复杂性:

(1) 反应物相同,反应物的浓度、添加试剂的顺序不同,反应的现象、反应的过程都可能不相同。

(2) 一般来说,一个化学方程式可以表达一个事实; 但是反过来,一个事实很难用一个方程式来表达。

(3) 反应物相同,条件不同,生成物不相同的反应已为大家熟知; 还有反应条件相同,而又同时发生多种平行反应,也要让学生有所了解和理解。

第三,有条件的学校和班级,在教师的指导下,让学生亲自动手做实验,让他们感受"只有理论指导下的实践才是能动的实践,没有理论指导的实践是盲目的实践; 盲目的实践比什么都可怕"的道理。

参考文献:

[1] 刘怀乐著. 中华化学教学实证与求索[M]. 重庆: 西南师范大学出版社,2002: 129~134.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net