

化学实验的启示与 科学思维的训练

● 中 学 版 ●

严宣申 编著

北 京 大 学 出 版 社

新登字(京)159号

图书在版编目(CIP)数据

化学实验的启示与科学思维的训练/严宣申编著. —北京:北京大学出版社, 1993.12

ISBN 7-301-02198-4/G · 186

I. 化…

II. 严…

III. 化学-实验-分析-中学-课外读物

IV. G633.8 + O6-3

出版者地址: 北京大学校内, 邮政编码: 100871

排 印 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

850×1168毫米 32开本 5 75印张 144千字

1993年12月第1版 1993年12月第1次印刷

印数: 0001—3,000册

定 价: 5.90元

内 容 提 要

本书作者任教于北京大学化学系，现总结其多年从事大学一年级无机化学教学的经验，并综合了在全国十余个省市分别举办的中学化学教师辅导讲座的内容，经加工整理成此书。

全书共分为三部分。第一部分从中学生已有的化学知识出发，对列举的数十个实验展开深入的讨论，使读者逐步学会从化学实验中得到更多的启示（包括判断主产物的组成和结构、化学反应的条件和机理等），培养良好的实验素质。第二部分以常见元素的典型性质为例，从具体现象、问题着手进行分析，探究其中蕴含的普遍性，使读者在接受具体化学知识的同时，得到科学思维的训练。第三部分则是通过几种简单的图例，说明如何把图例的数学含义与其表达的某种化学过程或物理过程的含义联系起来。

本书适合中学初三以上各年级学生及化学化工类中专学生阅读，也适宜具有中等文化水平的青年及非化学专业的大学生自学之用，尤其适于作为大学、中专及中学化学教师的教学参考书。

目 录

第一章 化学实验的启示

1.1	氯酸钾热分解反应	(1)
1.2	酚酞在不同条件下的颜色	(5)
1.3	酸碱指示剂	(7)
1.4	关于化学平衡及平衡移动的几个简单实验	(12)
1.5	把二氧化碳通入饱和石灰水溶液实验中的问题	(14)
1.6	卤化银和氨水的反应——浓度对平衡移动的影响	(19)
1.7	硝酸银和可溶性酸式磷酸盐作用生成何种沉淀——要重视 反应过程中溶液酸度的改变	(22)
1.8	氢氧化铜和氨水的反应——生成弱电解质	(26)
1.9	硫酸铅溶于硝酸——生成络离子	(31)
1.10	氢氧化铁沉淀的性质——沉淀陈化	(34)
1.11	铁(Ⅲ)和碘(I ⁻)的反应——选择实验条件的依据	(37)
1.12	镁和某些溶液的反应——反应中间物的问题	(42)
1.13	锌和硫酸溶液的反应——超电势问题	(46)
1.14	酸碱性 with 化学反应——和反应过程有关的几个实验	(49)
1.15	亚硝酸钠和碘化钾反应——加试剂先后顺序的问题	(53)
1.16	改变温度将引起什么结果	(56)
1.17	和结构、组成有关的几个实验	(60)
1.18	如何制备铜(I)化合物	(67)
	练习题	(71)

第二章 科学思维的训练

2.1	单因素考虑问题是不全面的	(78)
2.2	把一个问题解析为若干个较为简单的问题	(80)
2.3	讨论时应注意量	(93)

2.4	处理多因素问题的一种方法.....	(97)
2.5	特殊性和普遍性.....	(100)
2.6	归纳法.....	(112)
2.7	排除法.....	(124)
2.8	要重视模型.....	(125)
2.9	几个具体问题.....	(136)
	练习题.....	(144)
第三章	如何认识图示	
3.1	平面坐标中连续线段的特点.....	(149)
3.2	如何表示变量的量度.....	(152)
3.3	溶解度曲线.....	(153)
3.4	滴定曲线.....	(156)
3.5	连续线段的走向.....	(161)
3.6	结晶水合物脱水图.....	(164)
3.7	电极电势和PH关系图	(167)
3.8	学习图示的重要性.....	(170)
	练习题.....	(174)

第一章 化学实验的启示

化学上的规律、理论都源于实践并在实践中接受检验。因此，离开了实验就不成其为化学，也就谈不上学习化学。

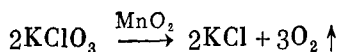
著名化学家戴安邦教授认为：“实验室是培养全面化学人才最好的场所”。他认为智力包含着7种能力，这7种能力是：**动手** 常说百闻不如一见，科学学习中是百见不如一练，练就是动手。**观测** 凭感官或借助于仪器进行有目的、有计划观察，以求知事物的特点。常加以测量，以得定性而且是定量的知识。**查阅** 个人亲自得到的知识有限，大部分是阅读获得间接知识，需查阅。**记忆** 对经验过的事物或阅读过的资料能够记住，以后需要时可重现。**思维** 在知觉、感性知识基础上抽象、分析、概括、判断、推理过程，是各种智力因素的核心，就是在动手做实验时也要思考。**想象** 以感性事物为基础，创造事物新形象。想象是创新性最重要的智力因素。**表达** 语言和文字是表达思想和进行交流的工具。思维和表达的联系是智力因素的核心最明显的表现。

以上论点阐明了如何进行实验及怎样培养能力。本章将以上述论点为据，对熟悉的实验内容展开讨论，并列出部分有关的参考资料。

1.1 氯酸钾热分解反应

以 MnO_2 为催化剂催化 KClO_3 热分解*是实验室制备 O_2 的反应

* 关于《氯酸钾催化热分解反应是怎样进行的》请参考：冯增媛等，化学通报9，43—45(1988)。



1820年 Dobernienier 首次利用 MnO_2 催化 KClO_3 分解的方法制备 O_2 气体。同时指出气体产物有异常的气味，当时曾认为是含 Cl_2 、 O_3 所致。证实气体产物中异物的一种实验装置如图1-1所示。



图1-1

已知一般情况下， O_2 不可能氧化 KI ，但在实验中湿的 KI -淀粉试纸却变色，表明产物中必含有氧化性比 O_2 强的物质。在 *J. Chem. Educ.* (美，化学教育) 上，1962年、1963年先后发表过 2 篇文章讨论 KClO_3 的热分解产物。

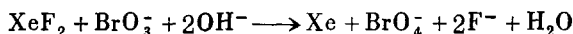
实验1 把热分解生成的气体导入水中，然后取出少量水溶液，用 HNO_3 酸化并滴入 AgNO_3 溶液，得白色沉淀。表示有 Cl^- 。

实验2 使气体通过 KI 溶液，再用已知浓度的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定生成的 I_2 。表示含有氧化性的气体。根据 KClO_3 用量及 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 消耗量知， $\text{KClO}_3(\text{MnO}_2)$ 热分解气态产物中含有 $<3\%$ （体积）的非 O_2 的氧化性气体；进而对气体进行质谱分析，得知其中含有 ClO_2 。

到目前为止，已确证 $\text{KClO}_3(\text{MnO}_2)$ 热分解生成的气体中含有（除 O_2 外） Cl_2 、 ClO_2 及 HCl （文献中未列出各物的具体含量）。

化学上认为 $\text{KClO}_3(\text{MnO}_2)$ 的热分解是“极为完全的反应”。实验事实表明：“极完全反应”中尚且有“副反应”，可见，“完全的反应”并不见得是“唯一的反应”。也可以说，有副反应是化学反应的一个普遍特点。一般书上给出的是某化学作用的主要反应式，而不是全部反应式。需要强调，主要反应并不都是转化

率很高的反应，也有转化率很低的主要反应。如，用 XeF_2 （二氟化氙）氧化 KBrO_3 为 KBrO_4 是目前制备 KBrO_4 的一个有效的方法，但 KBrO_3 的转化率仅为 $\sim 20\%$ 。

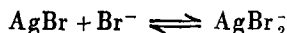


为了加深副反应具有普遍性的印象，再举一个实例。

实验3 把 AgNO_3 液滴入 KBr 液中发生了主要反应的方程式为



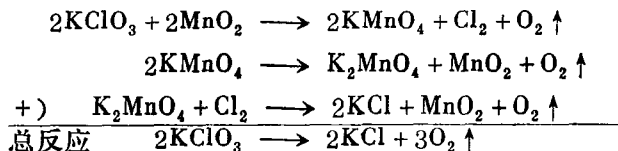
其副反应的方程式为



生产感光胶片的一种方法，恰好是利用了生成溶解度略大（于 AgBr ）的 AgBr_2^- 的副反应，以加速（按上式进行的）沉淀溶解平衡，使 AgBr 颗粒较快地长大，并长得较有规则，以提高胶片的感光性能。

顺便把有关 KClO_3 （ MnO_2 ）热分解的资料介绍于后。

（1）早期文献*认为 MnO_2 催化 KClO_3 热分解的历程

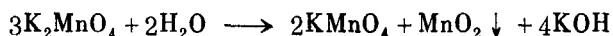


在实验中发现，把1g KClO_3 和 $<0.04\text{g}$ MnO_2 混匀加热，在 KClO_3 未完全分解前，冷却混合物并把它倒入冷水中，可观察到 MnO_4^- 的特征颜色（如加热“过了头”，就看不到紫红色）。

看到了特征的紫红色是否就证实了上述催化过程是正确，而且是唯一正确的呢？按说这个历程基于有 MnO_4^- 和 Cl_2 存在提出的，

* 文献报道，加0.2%（相当于 KClO_3 质量） MnO_2 作催化剂，将被 KClO_3 氧化成 KMnO_4 。又， MnO_2 作为催化剂，其活性取决于对它的预处理；若 MnO_2 和10%（ MnO_2 质量的10%） Fe_2O_3 混合，则是比 MnO_2 更强的催化剂。

大体说来是可信的（习惯上，不把可信的过程理解为唯一正确的历程，除非有确切的证据）。然而这个实验结果并不能排除，看到的紫红色是由“ MnO_4^{2-} ”（绿色）在水中发生自氧化还原反应所生成的



(2) 曾试验过多种氧化物作为 KClO_3 热分解反应的催化剂，并测定了它们（作为催化剂）的活化能

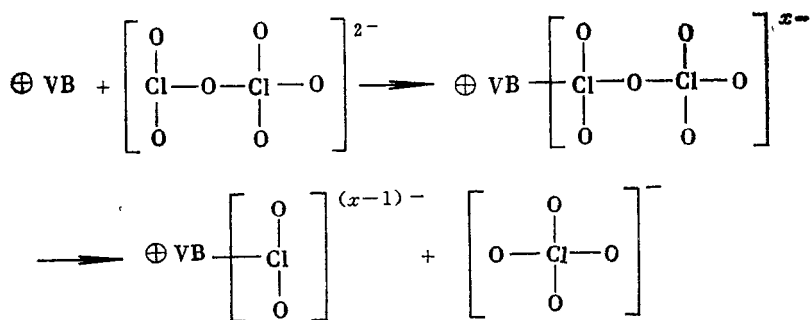
反应物组成 (1:1)	$\text{KClO}_3 + \text{NiO}$	$\text{KClO}_3 + \text{NiO}$ + 1% Li_2O	$\text{KClO}_3 + \text{NiO}$ + 1% Cr_2O_3	$\text{KClO}_3 + \text{CuO}$
分解温度/K	630—638	603—643	603—643	603—673
活化能 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	148.5	107.1	152.7	196.7

反应物组成 (1:1)	$\text{KClO}_3 + \text{MgO}$	$\text{KClO}_3 + \text{ZnO}$	$\text{KClO}_3 + \text{TiO}_2$
分解温度/K	738—773	733—773	733—773
活化能 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	219.7	200.0	198.7

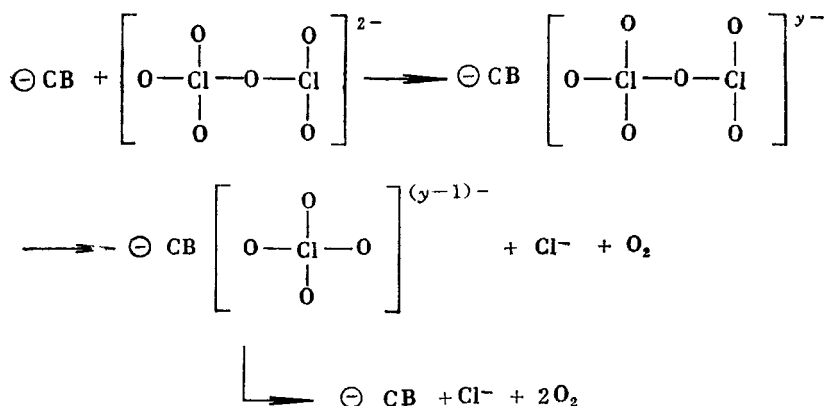
基于这些氧化物的结构，目前认为p型氧化物(NiO 和 CuO)的催化性能较强，n型氧化物(ZnO 、 TiO_2)和绝缘体(MgO)的催化性能较差。它们的催化机理是：

- p型氧化物和氯酸根形成化学键(VB)

MClO_4 的分解温度高于 MClO_3 ，但“ ClO_2^- ”盐却极易分解（式中 $\oplus$ 表示缺电子， $x < 2$ ）。



● n型氧化物催化是导带(CB)机理



(式中 $\ominus$ 表示多电子, $y>2$)

这两种催化剂的不同点是反应始于催化剂和 ClO_3^- 中的Cl或O相连。显然, 这两个机理比上述生成 KMnO_4 中间物过程更进了一步。

1.2 酚酞在不同条件下的颜色

酚酞在酸性溶液中为无色*, 在碱性溶液中为紫红色是读者熟知的现象。现在进行以下两个实验。

实验1 把酚酞溶液滴入 NaOH 溶液(浓度 $>2\text{mol/l}$), 显现红

* 关于“酚酞变色机理”可参考: 童沈阳、金甌, 化学通报 8, 52(1988)。

色，在振荡过程中溶液退成无色。为了验证这个退色现象是否系空气中 CO_2 溶解所造成的（就象用 NaOH 溶液滴定 HCl 溶液以酚酞为指示剂，当呈现浅红色时表示滴定已达终点，后因 CO_2 的溶解，溶液退成无色），往无色液中再滴加酚酞。如果现象是：呈无色液，示原先退色是 CO_2 溶解之故；若呈紫红色，表明溶液仍为碱性（即使有 CO_2 溶解问题）。实验现象是，再次滴入酚酞，溶液呈现红色，振荡过程中又退成无色。若再滴入酚酞，溶液再现紫红色，振荡……表明酚酞在稍浓($>2\text{mol/l}$)些 NaOH 溶液中为无色。

酚酞在不同溶液中呈现的颜色

浓 H_2SO_4	酸性液	碱性液	NaOH (浓度 $>2\text{mol/l}$)
橙 色	无 色	紫 红 色	无 色

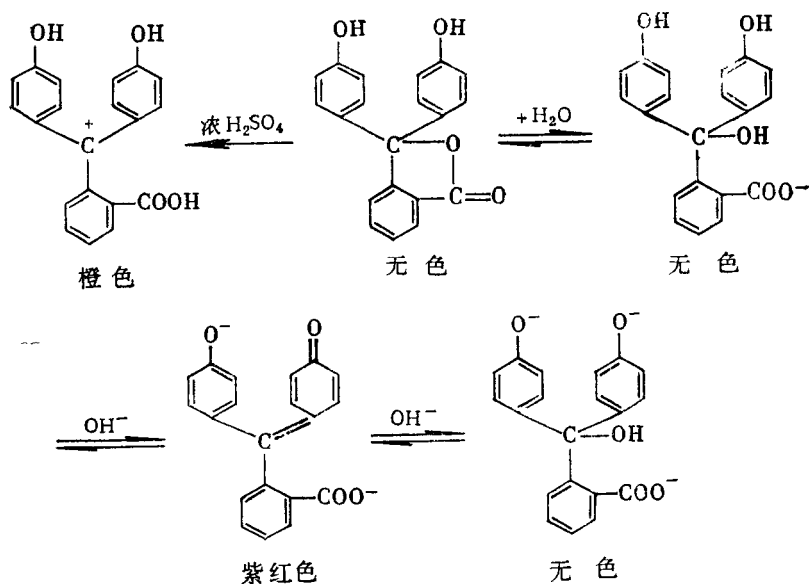


图1-2

实验2 把酚酞液滴入浓 H_2SO_4 ，呈现橙色，不论振荡多长时间，其颜色不变。若把橙色液倒入大量水中，得无色液。

其实酚酞在不同的条件下，因结构的改变而呈现4种相应的颜色（见图1-2）。

通过酚酞颜色随条件而变的事实是想强调：在一定条件下所呈现的现象，当条件改变时，现象可能有相应的改变。为了加深这个印象，再进行一个实验。

实验3 取少量 I_2 置于蒸发皿中微热，预先用两根玻璃棒分别用水“粘住”淀粉试纸和碘化钾淀粉试纸，置于 I_2 蒸气中。现象是：碘化钾淀粉试纸先显色，而且颜色比淀粉试纸呈现的颜色要深些。表明碘和淀粉的显色反应和有无 KI 有关。现已证实：在有 I^- 时，将和 I_2 形成 I_3^- 、 $\text{I}_n^- (n=5, 7, \dots)$ ，较易进入淀粉的结构*而显色。

条件变了，性质（现象）可能随之而变，在化学上是很普遍的。一般化学实验中的条件指：试剂的浓度，溶液的酸碱性，试剂的相对用量，加试剂的先后顺序，温度及是否加催化剂等。下面分别讨论。

1.3 酸碱指示剂

众所周知，在碱性环境中酚酞呈紫红色，甲基橙呈黄色；在酸性溶液中酚酞无色，甲基橙呈红色。现进行以下实验。

实验1 往 NaHCO_3 或 KH_2PO_4 和 K_2HPO_4 混合液中分别滴加酚酞和甲基橙液。滴入酚酞的溶液呈无色（示为酸性），而甲基橙呈黄色（示为碱性）。然而， NaHCO_3 液、 KH_2PO_4 和 K_2HPO_4 混合液的 $\text{pH} > 7$ 却是事实。这个现象是由酚酞、甲基橙变色 pH 间隔不同造成的。

* 关于碘和淀粉显色，请参考：黄佩丽《无机元素化学实验现象剖析》，第7页，北京师范大学出版社（1990）。

(1) 指示剂的变色 pH 间隔

酚酞本身是一种弱酸，以 ΦH 表示，其电离平衡为：



当酚酞主要以 ΦH 型体存在时呈无色，主要以 Φ^- 型体存在时呈红色(所谓主要是指 90% 以上，不是 100%)。由电离平衡常数可知

$$\frac{[\text{H}^+][\Phi^-]}{[\Phi\text{H}]} = K \quad \text{即} \quad \frac{[\Phi^-]}{[\Phi\text{H}]} = \frac{K}{[\text{H}^+]}$$

当 $\text{pH} < \text{p}K$ 时，溶液中以 ΦH 型体为主(若 $\text{pH} = \text{p}K - 1.0$ ，则 $[\Phi\text{H}]$ 为 $[\Phi^-]$ 的 10 倍)； $\text{pH} = \text{p}K$ 时，溶液中 ΦH 和 Φ^- 型体各占一半； $\text{pH} > \text{p}K$ 时，溶液中以 Φ^- 型体为主(若 $\text{pH} = \text{p}K + 1.0$ ，则 $[\Phi^-]$ 是 $[\Phi\text{H}]$ 的 10 倍)。

pH 介于 $\text{p}K - 1.0$ 和 $\text{p}K + 1.0$ 之间，为酚酞的变色间隔。从另一个角度看，可由指示剂变色的 pH 间隔知道指示剂电离常数的约值。由于人们对颜色敏感程度不同，酸碱指示剂变色 pH 间隔往往不是 2.0(一般为 1.6—1.8)，如酚酞变色间隔 pH 为 8.2—9.8(其电离常数 $\text{p}K = 9.0$)。

甲基橙是弱碱，在溶液中发生弱碱电离平衡，其 $\text{p}K = 10.54$ 。显然，其 pOH 变色间隔介于 $\text{pOH} = \text{p}K \pm 1.0$ ，即 9.54—11.54 之间。因 $\text{pH} = 14.00 - \text{pOH}$ ，甲基橙变色 pH 间隔为 3.46—5.46 之间。其实际变色间隔 pH 为 3.1(红)—4.4(黄)。和甲基橙相似的甲基红的变色 pH 间隔为 4.4(红)—6.2(黄)，由两者 pH 间隔差值可知甲基红具有比甲基橙稍强的碱性，其 $\text{p}K = 9.00$ 。

总之，酸碱指示剂本身就是弱酸或弱碱，其变色 pH 间隔和电离常数的关系是

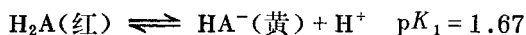
$$\text{pH} = \text{p}K \pm 1.0$$

$$\text{pOH} = \text{p}K \pm 1.0 \quad (\text{或} \quad \text{pH} = 14.0 - \text{p}K \pm 1.0)$$

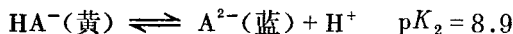
绝大多数弱酸、碱指示剂的 $\text{p}K$ 明显偏离 7.0，因此变色 pH 间隔或大于或小于 7.0，所以就有可能出现对于某种溶液因选用不同指

示剂而“同时”显现酸性或(和)碱性。 HCO_3^- 液、 H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} 混合液的 $\text{pH} \sim 8$ ，此 pH 值小于酚酞变色 pH 间隔(呈无色)；另一方面 pH 大于甲基橙变色 pH 间隔(呈黄色)。这个实验现象恰好能说明酸、碱指示剂的变色 pH 间隔明显偏离7。

如果弱酸、碱指示剂是多元弱酸、多元弱碱，而且其不同型体呈现各异的颜色，则该指示剂有2个变色 pH 间隔分别相应于它们的分步电离常数， $\text{p}K_1$ 和 $\text{p}K_2$ 。如百里酚蓝指示剂是二元弱酸，现以 H_2A 表示其组成，相应电离平衡常数及变色 pH 间隔为



变色 pH 间隔1.2—2.8



变色 pH 间隔8.0—9.6

若指示剂的某个 $\text{p}K$ 值过小(酸或碱性较强)或过大(酸或碱性较弱)，其变色 pH (或 pOH)间隔相应较小或较大，表明它们能指示较强或很弱酸(碱)溶液 pH 的改变，一般较少用它们指示酸、碱水液的 pH 改变。如甲酚红的第二级电离常数 $\text{p}K_2 = 8.25$ ，作为指示剂时，只用它的二级电离，变色 pH 间隔为7.0(黄)—8.8(紫红)；又如茜素红S的第二、三级电离常数分别为 $\text{p}K_2 = 5.5$ ， $\text{p}K_3 = 11.0$ ，相应变色 pH 间隔为3.7(黄)—5.2(紫)，10.0(紫)—12.0(淡黄)。

(2) 双指示剂和混合指示剂

实验中还常用双指示剂和混合指示剂。两者的共同点是都使用了一种以上的指示剂。但其实验目的不同，双指示剂常是为了使溶液在两个不同的变色 pH 间隔里变色；而混合指示剂常是为了缩小变色 pH 间隔，即对 pH 改变更为灵敏。

实验2 用 HCl 滴定某溶液中 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 的含量时，用酚酞和甲基橙为双指示剂。先加几滴酚酞指示剂，当 CO_3^{2-} 和 HCl “完全转化”为 HCO_3^- 时， $\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{HCO}_3^-$ 溶液由红色变为无色；

加入甲基橙，继续用HCl 滴定，待溶液颜色由黄色转变为橙色，表明 $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- = \text{H}_2\text{CO}_3$ 反应已经“完成”。根据先后两次HCl 用量，可知 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 的含量。

混合指示剂的一个实例是：以等体积混合酚酞和百里酚酞[弱酸，变色 pH 间隔为9.3(无)—10.5(紫)]。混合指示剂在酸性条件下呈无色，在碱性液中为紫色（是酚酞红色和百里酚酞蓝色的混合色），于 pH = 9.6 时为玫瑰色，pH = 10 时呈紫色，变色点的 pH = 9.9。如果按一定比例把若干种指示剂配成混合指示剂溶液，它们具备在不同 pH 条件下呈现各异颜色为特征。若把纸浸入这种混合指示剂溶液，取出凉干，就是可在相应 pH 间隔内使用的 pH 试纸。如含有甲基红、甲基橙、溴百里酚蓝和酚酞的溶液，在 pH = 3 时呈红色，pH = 5 时为橙色，pH = 6 显黄色，pH = 8 是蓝绿色，pH = 9 呈紫色。

酸碱指示剂本身是弱酸、弱碱。这里强调“弱”是为了说明滴定时，强酸（碱）首先和被滴定的碱（酸）反应，而后过量的酸（碱）和弱酸（碱）指示剂作用而变色。显然，指示剂酸碱性（与被滴定的酸、碱相比）较弱，则中和反应越完全；如若指示剂的酸碱性和被滴定酸、碱的强度相近，则滴定或无法进行或误差很大。

（3）氧化还原滴定指示剂

把上述结论推广可知：氧化还原滴定的一类指示剂应该是（相对而言）较弱的氧化剂、还原剂。如当用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 滴定 Fe^{2+} 时，所用的指示剂是具有还原性的邻二氮菲亚铁（红紫色），当有过量（只需半滴） $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 时，把指示剂氧化成邻二氮菲铁（浅蓝色）。显然，邻二氮菲亚铁是比 Fe^{2+} 为弱的还原剂，否则将不能被用作该滴定的指示剂。

（4）沉淀滴定指示剂

沉淀滴定反应所用的一类指示剂本身就是一种沉淀剂。显

然，滴定剂和指示剂生成沉淀的溶解度要比滴定剂和被滴定物质生成沉淀的溶解度明显大，否则不可能用这种指示剂。如用 AgNO_3 液滴定溶液中 Cl^- 含量时，以 CrO_4^{2-} 为指示剂。这是因为 AgCl 比 Ag_2CrO_4 更难溶解之故。在滴定过程中，当 AgCl “完全”沉淀后，过量的 Ag^+ 才和 CrO_4^{2-} 生成砖红色 Ag_2CrO_4 沉淀。其实难溶银的化合物有的是，显然，溶解度小于 AgCl 的 AgBr ， AgI ， Ag_2S 中的 Br^- 、 I^- 、 S^{2-} 不能被用作指示剂。那么，溶解度大于 AgCl 的难溶银盐是否都能被用作 AgNO_3 滴定 Cl^- 时的指示剂呢？被用作沉淀滴定的指示剂必须具备的条件是：

- 明显的颜色(以和被滴定物质，如白色 AgCl 区别)便于观察。

- 溶解度要小，但又要和 AgCl 有明显的差值。所谓“明显差值”是为了强调在 Cl^- (被滴定物质) 基本沉淀后，滴定剂 (Ag^+) 才和指示剂生成沉淀；滴定剂和指示剂生成的沉淀，其溶解度要小，是强调有略过量滴定剂时即能和指示剂形成有特征颜色的沉淀。

(5) 配位滴定指示剂

配位滴定的一类指示剂本身就是配位体，它和被滴定的离子的配位能力不同于滴定剂(配位体)和该离子的配位能力。如用乙二胺四乙酸(EDTA)二钠盐滴定 La^{3+} 时用二甲酚橙作指示剂，指示剂和 La^{3+} 配位的配离子显红色，用 EDTA 滴定过程就是从红色配离子中夺取 La^{3+} ，滴定终点呈黄色(二甲酚橙的颜色)。

前述 4 种滴定反应的指示剂本身就是弱酸、弱碱，弱氧化剂、弱还原剂，溶解度稍大的难溶物，配位能力不同的配位体，它们的共同性是显而易见的。但绝不是说：只能按上述原则来选用指示剂。如用 KMnO_4 溶液滴定 H_2O_2 溶液，过量半滴 KMnO_4 就能使溶液显浅紫红色，就是说过量半滴 KMnO_4 本身就是这个滴定反应的指示剂。

1.4 关于化学平衡及平衡移动的几个简单实验

一个化学反应达到平衡时，体系中既有反应物，又有生成物，它们的浓度之间维系着一定的关系。改变作用于平衡体系的某个因素，平衡将有相应的移动。如果反应物或（和）生成物为有色物或是沉淀物，就能根据颜色的改变、沉淀量的多寡，“观察”到平衡的移动。

(1) 甲基橙在酸液中呈红色，在碱液中呈黄色，其过渡色为橙色

实验1 取6支试管分别注入0.1mol/l HAc溶液5ml和2滴甲基橙。然后往2—6号试管中依次加入0.2mol/l NaAc溶液0.5、1.0、1.5、2.0、2.5ml并混匀，1号试管留作比较。可观察到由1—6号试管中溶液的颜色由红色，经由橙色（过渡色）而黄色。橙色表明溶液中既有红色型体也有黄色型体。颜色系列变化是平衡及其移动的表现。进而言之，可以想象在红色或黄色溶液中也应该有黄色或红色型体存在。

(2) 橘红色 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 和黄色 CrO_4^{2-} 通过 H^+ 联系而达平衡



实验2 取6支试管各加入3ml 0.1mol/l K_2CrO_4 溶液，接着往2—6号试管中依次滴加2、4、8、12、16滴1mol/l H_2SO_4 并混匀，1号试管留作比较。可观察到1—6号试管内溶液由黄色向橘红色过渡。由过渡色可“觉察”到溶液中兼有 CrO_4^{2-} 和 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 两种型体。同时，也很容易想象，在黄色（或橘红色）液中必含有少量 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ （或 CrO_4^{2-} ）型体的存在。此外，有一个简单实验可确证 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 液中含有少量 CrO_4^{2-} 型体。

实验3 把 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 液分别加入 K_2CrO_4 液得黄色 BaCrO_4 、 PbCrO_4 沉淀。若往 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 液中滴加 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、