

滴定终点与指示剂的选择

■湖南 龙威

酸碱中和滴定的关键：一要准确测定出参加中和反应的酸、碱溶液的体积，二要准确判断中和反应是否恰好完全反应。

酸碱指示剂可在中和反应终点时出现颜色变化，因此终点判断须选择合适指示剂。

酸碱恰好完全中和的时刻叫滴定终点，为准确判断滴定终点，须选用变色明显，变色范围的 pH 与恰好中和时的 pH 吻合的酸碱指示剂。

指示剂的变色范围越窄越好，pH 稍有变化，指示剂就能改变颜色。石蕊溶液由于变色范围较宽，且在滴定终点时颜色的变化不易观察，所以在中和滴定中不采用。

酚酞和甲基橙是中和滴定时常用的指示剂，其变色范围分别是：甲基橙的 pH 在 3.1 与 4.4 之间，酚酞的 pH 在 8.2 与 10.0 之间。如用 $0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液去滴定 $20.00\ \text{mL}\ 0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸溶液，理论上应用去 NaOH 溶液 $20.00\ \text{mL}$ ，这时溶液的 $\text{pH}=7$ 。但如果用酚酞作指示剂，在它所指示的滴定终点时， $\text{pH}\neq 7$ ，而是在 8.2 与 10.0 之间。实际计算表明，当滴定到终点时，溶液的 pH 并不一定等于 7，而是存在误差的。这是由指示剂的变色范围所导致的，所造成的误差是在许可范围之内，可以忽略不计。

溶液颜色的变化由浅到深容易观察，而由深变浅不易观察。强酸强碱之间的互滴，尽管甲基橙或酚酞都可以选用。但为了减小误差，应选择在滴定终点时使溶液颜色由浅变深的指示剂。如强酸滴定强碱时，甲基橙加在碱里，达到滴定终点时，溶液颜色由黄色变橙色，易于观察，故选择甲基橙。用强碱滴定强酸时，酚酞加在酸中，达到滴定终点时，溶液颜色由无色变浅红色，易于观察，故选择酚酞。

若酸与碱中有一方是弱的，则要根据中和后所得的盐溶液的 pH 来确定选择哪一种指示剂。一般说来：强酸中和弱碱时，选择甲基橙(变色范围 pH 在 3.1 与 4.4 之间，生成的强酸弱碱盐显酸性)；强碱中和弱酸时，选择酚酞(变色范围 pH 在 8.2 与 10.0 之间，生成的强碱弱酸盐显碱性)。

一、选择指示剂

例 1 已知常温、常压下，饱和 CO_2 的水溶液的 $\text{pH}=3.9$ ，则可推断用标准盐酸溶液滴定碳酸氢钠水溶液时，适宜选择的指示剂及滴定终点时颜色变化的情况是()。

- A. 石蕊，由蓝变红 B. 甲基橙，由橙变黄
C. 酚酞，红色褪去 D. 甲基橙，由黄变橙

解析：标准盐酸溶液滴定碳酸氢钠水溶液时，发生的反应是 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。滴定终点时 $\text{pH}=3.9$ ，因此滴定终点时溶液显酸性，指示剂选用甲基橙(3.1~4.4)，滴定终点时溶液 pH 降低到 3.9，颜色由黄变橙。

答案：D

例 2 实验室现有 3 种酸碱指示剂，其 pH 变色范围如下：

甲基橙：3.1~4.4

石蕊：5.0~8.0

酚酞：8.2~10.0

用 $0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液滴定未知浓度的 CH_3COOH 溶液，反应恰好完全时，下列叙述中正确的是()。

- A. 溶液呈中性，可选用甲基橙或酚酞作指示剂
B. 溶液呈中性，只能选用石蕊作指示剂
C. 溶液呈碱性，可选用甲基橙或酚酞作指示剂
D. 溶液呈碱性，只能选用酚酞作指示剂

解析： $0.100\ 0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液滴定未知浓度的 CH_3COOH 溶液，反应恰好完全时，生成 CH_3COONa 是强碱弱酸盐，因发生水解而使溶液显碱性，故选择酚酞作指示剂误差最小。若选用甲基橙，在甲基橙的变色范围内，NaOH 的量不足，导致测定出的 CH_3COOH 浓度偏小。石蕊变色范围太宽，误差大，且颜色变化不明显，不能作酸碱中和反应的指示剂。因此，应选用酚酞作指示剂。

答案：D

点拨：中和滴定的要点是准确判断滴定终点，关键是根据滴定过程中的 pH 变化及酸碱指示剂在酸性或碱性溶液中的颜色变化，选择合适的指示剂。在实验室里一般选用酚酞或甲基橙作指示剂，石蕊由于颜色变化不明显，因此滴定时不宜使用。指示剂的变色范围与酸碱中和后的溶液的 pH 越接近越好，且变色要明显，通常情况下，酸滴定碱，选择甲基橙；碱滴定酸，选择酚酞。如果酸、碱有一方是弱的，酸、碱恰好中和时，所得溶液不一定显中性，则应根据中和所得盐溶液的 pH 来确定选用上述哪种指示剂。若恰好中和时溶液显酸性，应选择在酸性范围内变色的指示剂——甲基橙；若恰好中和时溶液显碱性，应选择在碱性范围内变色的指示剂——酚酞。

