

酸碱指示剂

酸碱指示剂是指用于酸碱滴定的指示剂，一般为结构较复杂的有机弱酸或有机弱碱。酸碱指示剂的酸式结构和共轭碱式结构具有明显不同的颜色。当溶液的 pH 值发生变化时，指示剂通过得失质子在酸式和碱式结构之间发生转化，从而发生颜色的变化。以酚酞为例，它是一种有机弱酸，其 $K_a^\ominus = 6 \times 10^{-10}$ ，它在溶液中的解离平衡可用图 6.2 表示。

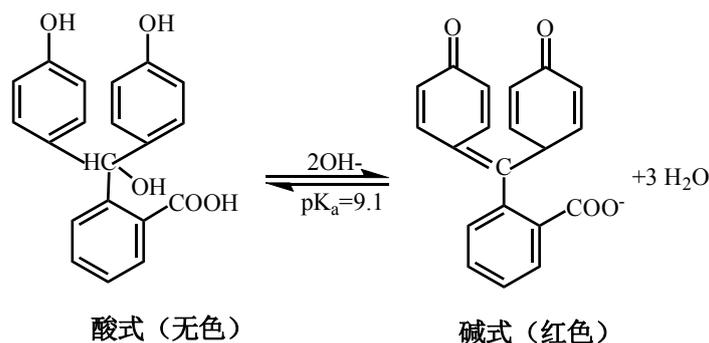
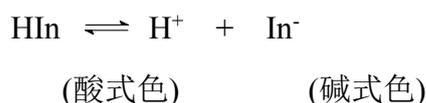


图 6.2 酚酞指示剂的酸式和碱式结构之间的平衡

从解离平衡可以看出，当溶液的 pH 值大于 9.1，平衡向右移动，酚酞由酸式色(无色)转变为碱式色(红色)；反之，当溶液的 pH 值小于 9.1，平衡向左移动，酚酞由红色变为无色。

以 HIn 代表弱酸性指示剂，In⁻为其共轭碱，其解离平衡可用下式表示：



其平衡常数

$$K_a^\ominus = \frac{[\text{H}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \quad (6.27)$$

$$\frac{K_a^\ominus}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \quad (6.28)$$

溶液中指示剂的颜色是酸式色和碱式色两种不同颜色的混合色。一般认为，当

$\frac{K_a^\ominus}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \geq 10$ ，即溶液的 $\text{pH} \geq \text{p}K_a^\ominus(\text{HIn}) + 1$ 时，指示剂 90%以上以 In⁻形式存在，溶

液呈现出 In⁻的颜色，而当 $\frac{K_a^\ominus}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \geq \frac{1}{10}$ ，即溶液的 $\text{pH} \geq \text{p}K_a^\ominus(\text{HIn}) - 1$ 时，指示剂

90%以上以 HIn 形式存在，溶液呈现出 HIn 的颜色。当 pH 在 $\text{pH} \geq \text{p}K_a^\ominus(\text{HIn}) + 1$ 到 $\text{pH} \geq \text{p}K_a^\ominus(\text{HIn}) - 1$ 之间变化时，才能看到指示剂的颜色变化情况，故指示剂的变色范围为： $\text{pH} \geq \text{p}K_a^\ominus(\text{HIn}) \pm 1$ 。但由于人的视觉对颜色的敏感程度不同，指示剂实测的变色范围往往与理论变色范围有一定差别。例如酚酞的理论变色范围是 8.1~10.1，但其实际变色范围一般为 8.0~9.6。