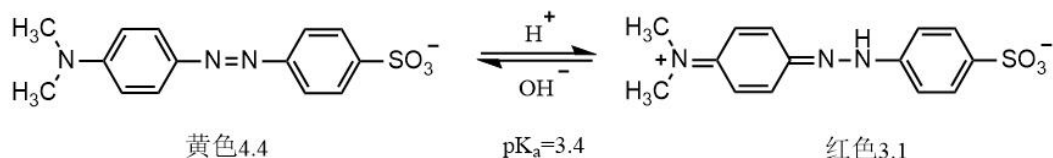


酸碱指示剂的变色原理

一、变色原理

酸碱指示剂一般是有机弱酸或有机弱碱，其共轭酸碱形式具有明显不同的颜色。当溶液的 pH 改变时，指示剂失去质子由酸式转变为碱式，或得到质子由碱式转化为酸式。由于酸、碱式结构不同，因而颜色发生变化。以甲基橙（MO）为例：



从平衡关系可以看出，当溶液中 $[\text{H}^+]$ 增大时，反应向右进行，甲基橙主要以酸式存在，显红色；当溶液中 $[\text{H}^+]$ 减小时，反应向左进行，甲基橙主要以碱式存在，溶液显黄色。常见的酸碱指示剂还有甲基红（MR， $\text{pK}_a=5.0$ ）、酚酞（PP， $\text{pK}_a=9.1$ ）等。

二、理论变色点 pH 与变色范围

以 HIn 表示指示剂的酸式， In^- 表示指示剂的碱式，在溶液中指示剂的解离平衡关系式可表示如下：



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$

或写作

$$\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = \frac{K_a}{[\text{H}^+]}$$

对于给定的指示剂而言， K_a 为常数，因此 $[\text{In}^-]/[\text{HIn}]$ 的值取决于 $[\text{H}^+]$ ，即溶液的颜色取决于 pH 值：

① 当 $[\text{In}^-]/[\text{HIn}] \leq 1:10$ ，即 $\text{pH} \leq \text{pK}_a - 1$ 时，指示剂以酸式型体 HIn 为主，溶液显示为指示剂的酸式色；

② 当 $[\text{In}^-]/[\text{HIn}] \geq 1:10$ ，即 $\text{pH} \geq \text{pK}_a + 1$ 时，指示剂以碱式型体 In^- 为主，溶液显示为指示剂的碱式色；

③ 当 $\text{pH} = \text{pK}_a$ 时， $[\text{In}^-]/[\text{HIn}] = 1$ ，溶液中酸式和碱式型体浓度相等，指示剂呈现为混合色，这就是指示剂的理论变色点；

④ 当 $\text{pK}_a - 1 < \text{pH} < \text{pK}_a + 1$ ，指示剂就由酸式色变为碱式色，称为指示剂的理论变色范围。然而实际上，由于人的眼睛辨别能力有限，对不同颜色的敏感程度也不尽相同，因此观察到的指示剂变色区间与理论变色区间不完全相同。例如，甲基橙的 $\text{pK}_a = 3.4$ ，则理论变色区间应为 2.4~4.4，而实际观察到甲基橙的变色区间为 pH 3.1~3.4。