

准确把握中和滴定实验中的“三点”

河北省青县第一中学 062650 周国亮

酸碱中和滴定是高中化学重要的定量实验之一,其滴定过程中有关量的计算一直被广大师生所重视,但其中恰好中和点、中性点、滴定终点、指示剂的选择及粒子大小之间的关系等一直困扰着很多的学生,由于在配套教师用书中缺乏相关叙述,部分教师也存有疑惑。针对以上问题,下面进行分析和说明。

1. 恰好中和点中性点

恰好中和点,一般是指参加反应的酸提供的氢离子的物质的量等于参加反应的碱提供的氢氧根的物质的量,或者说,当发生反应的酸和碱的物质的量之比恰好等于化学计量数之比时为恰好中和点,此时酸和碱都消耗完成为只含有所生成盐的水溶液。如 1 mol HCl(或 CH₃COOH)与 1 mol NaOH(或 NH₃·H₂O)完全反应时,称作恰好中和

或恰好完全中和,此时溶液的性质见表 1。

表 1

	1 mol NaOH	1 mol NH ₃ ·H ₂ O
1 mol HCl	恰好中和,溶液显中性	恰好中和,溶液显酸性
1 mol CH ₃ COOH	恰好中和,溶液显碱性	恰好中和,溶液近似中性

可以看出,“中和”描述的是反应的“过程”,“中性”描述的是反应后溶液的“性质”。当被中和溶液呈现中性时即为该反应的中性点,此时溶液的 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$;酸碱恰好中和后的溶液由于生成的盐的水解情况各不相同,因而溶液未必显中性,或者说溶液显中性,不一定酸碱恰好中和。由此我们可以得出强酸强碱中和时恰好中和点等同于中性点,而其他情况未必重合。

2. 滴定终点反应终点

恰好中和点在中和滴定实验中是无法直接观

2. 改进后的实验装置(如图 3 所示)

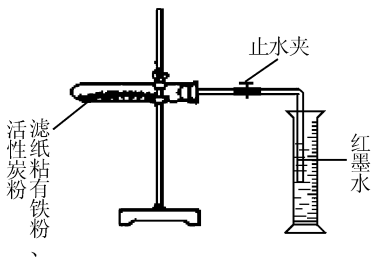


图 3

实验仪器和药品:铁架台、试管(15×150)、量筒(25mL)、橡皮塞、止水夹、胶头滴管、还原性铁粉 0.2g、活性炭粉 0.25g、NaCl 溶液(1 mol/L)、滤纸一张、水。

3. 实验步骤说明

(1) 测定出试管和至止水夹处导管的总容积为 V 的试管。

(2) 先检查气密性,后关闭止水夹。

(3) 先用胶头滴管在 10cm×5cm 滤纸上均匀滴上 0.3 mL 1 mol/L NaCl 溶液,再将还原性铁粉

0.2 g 和活性炭粉 0.25 g 充分混合后均匀铺在滤纸上,将滤纸放入试管,迅速塞紧橡皮塞,将试管固定在铁架台上,导管伸入装有 15 mL 水的量筒中。

(4) 5 min 后打开止水夹。随着氧气的不断消耗,导管中的液面在不段上升,10 min 后待导管中液面完全稳定后读数 $V_{剩}$ 。

(5) 计算氧气的体积分数 = $(15 - V_{剩}) / V_{试管}$

4. 改进后实验的优点

(1) 实验装置简单,实验原理正确。常州的江军老师在类似铁的吸氧腐蚀装置中用氧气传感器测量了体系中 O₂ 的含量变化, O₂ 含量在 162s 内从最初的 21% 逐渐下降到 0。

(2) 操作简单,装置始终处于密封状态,实验数据准确。

(3) 药品用量少,不需加热,无污染更加环保。

5. 实验说明

(1) 还原性铁粉易氧化,实验前最好选用新试剂。农村学校也可以用市场上暖宝宝中的铁粉代替。

(2) 活性炭粉在使用前需要烘干。

(收稿日期:2014-11-10)

察到的 实验时指示剂的变色点 是实验(反应)终止时的计量点 称作滴定终点。如 25℃ 时盐酸和氢氧化钠完全中和后溶液呈中性(pH = 7) 而无论甲基橙还是酚酞都不是恰好在 pH = 7 变色的指示剂,也可以说没有一种指示剂的变色恰好在酸碱完全中和之点。0. 1000 mol/L NaOH 溶液滴定 20. 00 mL 0. 1000 mol/L HCl 溶液的滴定曲线如图 1 所示。

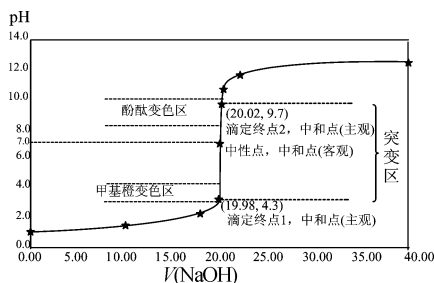


图 1

通过图 1 滴定过程的有关数据和曲线,可以很好的厘清恰好中和点和滴定终点。由于酸碱中和滴定过程中存在着“突变”现象,而指示剂的选择又是以突变范围为依据的,对于上例来说,突变范围的 pH 为 4.3 至 9.7,因此凡在此突变范围内能发生变色的指示剂都可以作为本实验的指示剂。pH = 4.3 时只是少滴了一滴 pH = 9.7 时只是多滴了一滴 NaOH 溶液,多滴或少滴一滴都在误差范围(误差小于 0.5%)之内。理论上讲,当滴入的 $V(\text{NaOH}) = 20.00 \text{ mL}$ 时为该反应恰好中和点,此时也是中性点;若选用甲基橙作指示剂, $V(\text{NaOH}) = 19.98 \text{ mL}$ 可为滴定终点,若选用酚酞作指示剂, $V(\text{NaOH}) = 20.02 \text{ mL}$ 可为滴定终点。由此可知,中和终点是客观的、理论的,滴定终点主观的、实验的,其受到实验过程中指示剂人为的选择和操作因素所影响。因此滴定终点不是恰好中和点,理论上的恰好中和点和试验时滴定终点不为同一点。滴定终点随加入指示剂不同而不同。对于一定量反应来说,所选指示剂越合适,其滴定终点与恰好中和点就越接近,滴定误差就越小,滴定定量就越准确。

滴定终点与恰好中和点间不一致引入的相对误差称为滴定误差。但实际计算表明,上述实验指示剂的变色范围所导致的误差是在许可范围之内可以忽略不计的,甲基橙、酚酞均能做该反应的指示剂,这样滴定终点和中和点不一致所产生的误差(滴定误差)可忽略,就是说计算时实验的滴

定终点 1 或 2 都可以做恰好中和点来用,终点 1 和终点 2 之间的所有点都是滴定反应的反应终点(“人教版”、“苏教版”教材《化学反应原理》均采用本解释进行图解标注),这是实验误差允许的,其所测定数据可直接带入公式 $c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$ 计算出 $c(\text{NaOH})$ 。

3. 指示剂的选择

既然根据指示剂的变色(溶液颜色的变化最好由浅到深,易于观察)判断滴定终点,因此要求指示剂的变色范围尽可能与中和点的 pH 一致,中和滴定时选择指示剂的原则为:(1) 指示剂的变色要灵敏、明显,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。(2) 指示剂的变色范围尽可能与反应终点 pH 一致。强酸和弱碱、强碱和弱酸中和达到反应终点时,前者溶液显酸性,后者溶液显碱性,对前者应选择酸性变色指示剂(甲基橙),对后者应选择碱性变色指示剂(酚酞),见表 2。

表 2 常见的酸碱中和指示剂甲基橙、酚酞选择规律

	与强碱滴定	与弱碱滴定
强酸溶液	恰好中和后,溶液呈中性,两种指示剂均可	恰好中和后,溶液呈酸性,宜选择甲基橙
弱酸溶液	恰好中和后,溶液呈碱性,宜选用酚酞指示剂	恰好中和后,溶液性质不确定

4. 中和能力

中和酸或碱的能力是指单位体积溶液提供碱(OH^-)或酸(H^+)的能力大小,比如我们经常所说的中和碱的能力是说相同条件下的酸与同种碱反应生成的盐的多少,只需要看酸中可以电离出来的氢离子数量即可,见表 3。

表 3 硫酸、盐酸、醋酸中和 NaOH 的能力比较

	相同 $V(\text{酸})$ 、 $c(\text{酸})$		相同 $V(\text{酸})$ 、 $\rho\text{H}(\text{酸})$	
	盐酸和硫酸	盐酸和醋酸	盐酸和硫酸	盐酸和醋酸
中和等 $c(\text{NaOH})$ 的能力	硫酸能力大,消耗氢氧化钠溶液体积多	相同,消耗氢氧化钠溶液体积一般多	相同,消耗氢氧化钠溶液体积一般多	醋酸能力大,消耗氢氧化钠溶液体积多

所以酸性强中和碱的能力不一定大,反之亦然;注意,中和碱的能力不是比较两者反应的速率,而是看消耗碱物质的量(或体积)的多少。

(收稿日期:2014-10-10)