

pH试纸及pH计使用操作规范建议

赵发琼^{1,†}, 邱晓航^{2,†}, 任艳平^{3,*}, 宋娟娟⁴, 刘冬成⁵, 曾秀琼⁶, 章文伟⁷, 石梅⁸, 胡敏⁹, 李婉¹⁰, 范永仙¹¹, 王翊如³, 王秀云¹², 李维红¹³, 范勇¹⁴, 张剑荣^{7,*}, 张树永^{15,*}

¹ 武汉大学化学与分子科学学院, 化学国家级实验教学示范中心(武汉大学), 武汉 430072

² 南开大学化学学院, 化学国家级实验教学示范中心(南开大学), 天津 300071

³ 厦门大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(厦门大学), 福建 厦门 361005

⁴ 内蒙古民族大学化学与材料学院, 化学国家级实验教学示范中心(内蒙古民族大学), 内蒙古 通辽 028000

⁵ 广西师范大学化学与药学院, 化学国家级实验教学示范中心(广西师范大学), 广西 桂林 541004

⁶ 浙江大学化学系, 化学国家级实验教学示范中心(浙江大学), 杭州 310058

⁷ 南京大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(南京大学), 南京 210023

⁸ 复旦大学化学系, 化学国家级实验教学示范中心(复旦大学), 上海 200433

⁹ 西安交通大学化学学院, 西安 710049

¹⁰ 化学国家级实验教学示范中心(中国科学技术大学), 合肥 230026

¹¹ 化学化工国家级实验教学示范中心(浙江工业大学), 杭州 310014

¹² 大连理工大学化学学院, 辽宁 大连 116024

¹³ 北京大学化学与分子工程学院, 化学国家级实验教学示范中心(北京大学), 北京 100871

¹⁴ 吉林大学化学学院, 化学国家级实验教学示范中心(吉林大学), 长春 130012

¹⁵ 山东大学化学与化工学院, 济南 250100

摘要: 在化学合成、分析测定实验过程中, 溶液pH是影响实验结果的重要因素之一。熟练掌握测定溶液pH的方法, 是高校化学类专业学生必须掌握的基本实验技能。本文主要介绍了pH试纸及其他试纸和pH计的工作原理及使用方法, 并对测定过程中的具体操作提出规范建议。

关键词: pH试纸; pH计; 操作规范

中图分类号: G64; O6

The Use of pH Indicator Papers and pH Meters

Faqiong Zhao^{1,†}, Xiaohang Qiu^{2,†}, Yanping Ren^{3,*}, Juanjuan Song⁴, Dongcheng Liu⁵, Xiuqiong Zeng⁶, Wenwei Zhang⁷, Mei Shi⁸, Min Hu⁹, Wan Li¹⁰, Yongxian Fan¹¹, Yiru Wang³, Xiuyun Wang¹², Weihong Li¹³, Yong Fan¹⁴, Jianrong Zhang^{7,*}, Shuyong Zhang^{15,*}

¹ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Wuhan University), College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China.

² National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Nankai University), College of Chemistry,

收稿: 2025-03-26; 录用: 2025-04-01; 网络发表: 2025-04-17

[†]共同第一作者, 对本文工作同等贡献

*通讯作者, Emails: ypren@xmu.edu.cn (任艳平); jrzhang@nju.edu.cn (张剑荣); syzhang@sdu.edu.cn (张树永)

基金资助: “教育部化学实验教学改革创新虚拟教研室”项目; 首批国家级线下一流课程“基础化学实验(一)”建设项目; 福建省课程思政示范课“基础化学实验(一)”建设项目

Nankai University, Tianjin 300071, China.

³ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Xiamen University), College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, China.

⁴ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Inner Mongolia Minzu University), College of Chemistry and Materials Science, Inner Mongolia Minzu University, Tongliao 028000, Inner Mongolia Autonomous Region, China.

⁵ School of Chemistry and Pharmaceutical Sciences, National Experimental Chemistry Teaching Center, Guangxi Normal University, Guilin 541004, Guangxi Province, China.

⁶ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Zhejiang University), Chemistry Department, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China.

⁷ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Nanjing University), School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China.

⁸ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Fudan University), Department of Chemistry, Fudan University, Shanghai 200433, China.

⁹ School of Chemistry, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China.

¹⁰ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (University of Science and Technology of China), Hefei 230026, China.

¹¹ National Experimental Teaching Demonstration Center for Chemistry and Chemical Engineering (Zhejiang University of Technology), Hangzhou 310014, China.

¹² School of Chemistry, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning Province, China.

¹³ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Peking University), College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, China.

¹⁴ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Jilin University), College of Chemistry, Jilin University, Changchun 130012, China.

¹⁵ School of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China.

Abstract: During the process of chemical synthesis and analytical determination, the pH of the solution is one of the important factors affecting the experimental results. Mastering the method of measuring the pH of a solution proficiently is a basic experimental skill that students majoring in chemistry in colleges and universities must possess. This paper introduces the types, working principles, and usage methods of pH test papers and pH meters, and puts forward standardized suggestions for the specific operations during the measurement process.

Key Words: pH Indicator paper; pH Meter; Standard operating procedure

pH是表征稀溶液酸碱特性的核心量化指标(浓度较大时通常直接以 $[H^+]$ 或 $[OH^-]$ 表示),其定义为溶液中 H^+ 活度的负对数($pH = -\lg a_{H^+}$),数值范围一般为1–14^[1]。pH不仅直接反映溶液的性质,而且对反应速率控制、酶活性调节、水质评估以及工业生产过程优化等都具有重要影响^[2,3]。在化学实验中,体系的pH可能影响反应速率、反应选择性、产物纯度、分离效率、测量准确度等。例如,在以工业硫酸铜为原料精制 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 实验中,除去杂质铁时,需控制溶液的pH在3.0–3.5之间,既保证杂质 Fe^{3+} 沉淀完全,又避免 Cu^{2+} 形成沉淀,以提高产物的纯度和产率;在用EDTA测定天然水总硬度实验中,用铬黑T作指示剂时,须用氨性缓冲溶液控制测定体系的 $pH = 10$,才能使指示剂变色敏锐,保证测量结果准确;在用等摩尔连续变化法测定磺基水杨酸合铜(II)配合物的组成及稳定常数时,严格来说,需要准确控制13个溶液的pH在4.0–5.0之间有同一确定值,才能得到良好的吸光度与摩尔分数的关系图,进而得到准确的实验结果^[4–6]。由此可见,控制实验体系的pH至关重要。

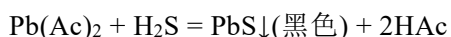
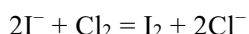
准确测定pH是溶液体系pH调控的前提,也是化学及相关专业本科生需要掌握的化学实验基本操作技能之一。测定溶液pH的方法主要有两种,一是使用pH试纸进行半定量快速检测,二是使用pH计进行准确的测量。

1 pH试纸及其应用

试纸(indicator paper)是用适当浓度的指示剂溶液或试剂浸润后得到的干纸条。通过与待检溶液

接触后颜色是否发生变化或者变化的程度, 来定性鉴定某类物质的酸碱性或半定量测量溶液的酸碱度。具有操作简单、使用方便等优点。实验室常用的试纸主要有pH试纸、酚酞试纸、红色和蓝色石蕊试纸、淀粉-KI试纸和Pb(Ac)₂试纸^[4-6]。

pH试纸用于半定量测量溶液的pH, 其余试纸用于定性判断。酚酞、红色石蕊试纸用于定性检验稀碱溶液或NH₃; 蓝色石蕊试纸主要检验pH ≤ 5的稀酸溶液或酸性气体。例如定性检测Mg₃N₂水解产生的气体时可以使用红色石蕊试纸。淀粉-KI试纸和Pb(Ac)₂试纸分别用于强氧化性气体如Cl₂和Br₂以及H₂S的定性检验。如[Co(NH₃)₆]Cl₃的制备及成分鉴定实验中要定性鉴定合成产物中的Co(III)和NH₃时, 则分别需要用到淀粉-KI试纸和红色石蕊试纸。这些试纸在中学的化学课堂演示或化学实验中应用较多, 其使用方法见图1。应用淀粉-KI试纸和Pb(Ac)₂试纸涉及到的有关反应为:



1.1 pH试纸的工作原理

pH试纸是将致密的玻璃纤维纸浸泡在由几种指示剂定量混合而成的指示剂溶液中, 取出晾干后得到的试纸。这些指示剂自身就是一些有机弱酸, 其共轭酸碱对的颜色不同。指示剂在水溶液中存在的解离平衡及其解离平衡常数表达式分别为:



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

指示剂在溶液中显示的颜色取决于其共轭酸碱对浓度比值 $\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$ 的大小。而 $\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$ 是 $[\text{H}^+]$ 的函数, 其大小随溶液中 $[\text{H}^+]$ 的变化而改变。一般而言, $\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \leq 0.1$ 时显酸性, $\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \geq 10$ 时显碱性,

$0.1 < \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} < 10$ 时显混合色。随着溶液pH变化, 试纸可出现红、橙、黄、绿、蓝等多种颜色, 由此建立试纸颜色与溶液pH的半定量对应关系, 依照该对应关系即可制作测试用的比色卡^[3]。

pH试纸分为广泛pH试纸和精密pH试纸, 二者测试精度不同, 比色卡也不相同。广泛pH试纸的指示剂中含有甲基红、溴甲酚绿和百里酚蓝, 变色范围在pH = 1-14, 对应比色卡上的14种颜色, 用来粗略检验溶液的pH。精密pH试纸按测量精度又可分0.5级、0.3级、0.2级或更高精度。这种试纸在pH变化较小时就有明显的颜色变化, 可用来较精细地检验溶液的pH。根据颜色变色范围可分为多种, 如变色范围为pH = 2.7-4.7, 3.8-5.4, 5.4-7.0, 6.0-8.4, 8.2-10.0和9.5-13.0等^[4-6]。

1.2 pH试纸的使用建议

市售的pH试纸为条状, 封装在塑料薄膜中。拆开塑料包装后, 为避免被实验室内的一些气体沾污, 也可将试纸条剪成小片贮于广口瓶中, 并避光保存。测试时按需用镊子取出试纸片, 然后立即将广口瓶盖严。用过的试纸应丢弃在实验室中标有实验垃圾的垃圾桶内, 不能丢弃在水槽等其他地方。

实验时, 将试纸片放在干燥洁净的表面皿或点滴板上(图1), 用干净的玻璃棒蘸取已搅拌均匀的待测液, 点在试纸的中间, 观察试纸颜色变化, 并尽快(30 s内)与配套的标准比色卡进行对照, 确定溶液的pH或pH范围^[4-6]。

使用pH试纸时, 需要注意以下几点:

- (1) pH试纸只能在常温下使用。
- (2) pH试纸不能用于测定强氧化性的试样, 如氯水、NaClO溶液、H₂O₂溶液和KMnO₄溶液等。

(3) pH试纸不适用于有机溶剂体系。有时可用pH试纸测定含有少量有机溶剂的水溶液的pH, 但可能存在一定的误差。

(4) 测定溶液的pH时, 不要将试纸浸泡在溶液中以免污染溶液或影响与比色卡的比较。表面皿上放置多个试纸片, 测试时注意防止交叉污染。

(5) 测定溶液的pH时, 将待检液点在试纸上后, 应尽快(30 s内)与比色卡进行比较。久置后, 试纸可能会受空气中其他气体的影响而变色。

(6) 广泛或精密pH试纸均有配套的标准比色卡, 不能混用。

(7) 广泛pH试纸不适用于非常稀的缓冲溶液和浓度低于0.01%的酸碱溶液, 因为此时溶液中酸碱组分浓度以及解离的 $[H^+]$ 或 $[OH^-]$ 均过小, 测试误差较大。

(8) pH试纸应储存于避光干燥处, 变质的试纸不能继续使用。

(9) 用试纸检验气体的酸碱性时, 先用纯水将试纸润湿, 再将试纸“贴”在玻棒的一端或用镊子夹取试纸于盛有待检溶液或产生待检气体的容器口(防止污染)或容器口内(气体浓度较小时)进行检验, 试纸条不可触碰容器壁。此外, 也可制作气室进行检验。



图1 试纸及其使用方法

2 pH计及其使用

pH试纸只能进行定性或半定量测定, 若需要准确测定溶液的pH, 需采用pH计。如HAc解离常数和解离度的测定、电势滴定测试混合酸的浓度、等摩尔连续变化法测定磺基水杨酸合铜(II)配合物稳定常数等实验均需要使用pH计准确测定体系的pH。

2.1 pH计的组成及工作原理

pH计(也称酸度计或离子计)是一种能准确测量溶液中 H^+ 活度的电化学分析仪器^[6]。pH计的品牌和型号很多, 其基本组成相同, 主要包括电极系统、温度传感器和主机电势差计三部分(图2)。

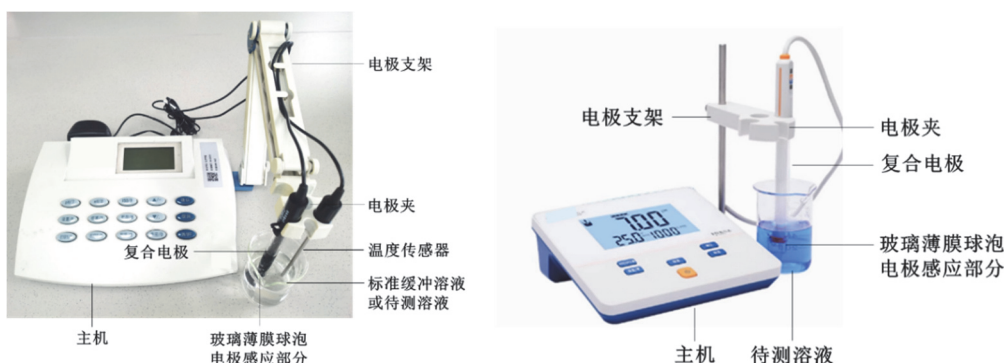


图2 pH计的基本组成

电极系统是pH计的核心组成部分，它可以是由玻璃指示电极和外参比电极组成的两电极系统，也可以是合二为一的“单”电极系统，即复合电极。复合电极的基本组成如图3所示。

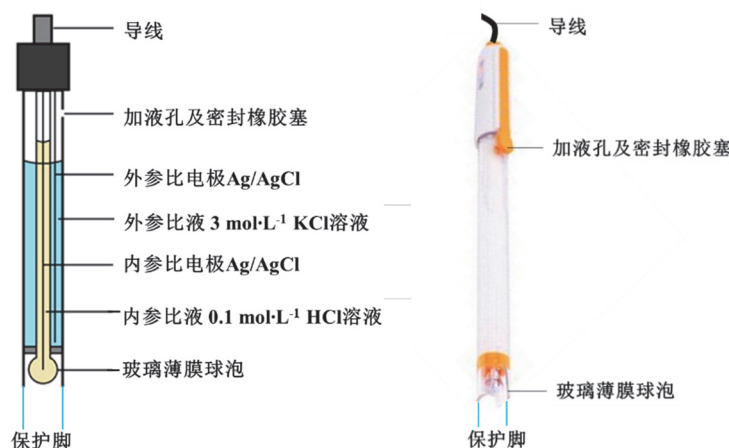


图3 pH复合电极的基本组成示意图

玻璃指示电极或复合电极下端为一厚度约为0.1 mm的玻璃薄膜球泡，可选择性响应溶液中的 $[H^+]$ 。球泡内盛有内参比溶液，以Ag/AgCl电极作为内参比电极。当玻璃电极浸入待测溶液时，待测溶液中 H^+ 与球泡表面水化层进行离子交换，由此形成的电势与球泡内层电势产生电势差。由于玻璃电极内部内参比液 $[H^+]$ 不变，故此电势差仅随外部待测溶液 $[H^+]$ 的变化而变化，因此只要测出此电势差即可算出待测溶液的pH。

玻璃电极选择性响应 a_{H^+} 的定量计算公式为：

$$\varphi_{ISE}^{H^+} = K' + \frac{2.303RT}{nF} \lg a_{H^+} = K' + S \lg a_{H^+} \quad (1)$$

其中， $\varphi_{ISE}^{H^+}$ 为 H^+ 选择电极电极电势(V)， K' 为与电极相关的常数， T 为热力学温度(K)， a_{H^+} 为 H^+ 活度($mol \cdot L^{-1}$)， S 为电极响应斜率($2.303RT/nF$)。25 °C时 $S = 0.0592 V \cdot pH^{-1}$ ，对应理论斜率100%。

饱和甘汞电极(SCE)或Ag/AgCl电极是最常用的pH计(外)参比电极(后者更容易集成到复合电极中)。它们的电极电势不随溶液的pH变化而改变，可视为常数。当其与玻璃电极组成原电池时，通过测量电池电动势 E 即可获得待测溶液的pH(以SCE为例)：

$$E = \varphi_{SCE} - \varphi_{ISE}^{H^+} = \varphi_{SCE} - K' - S \lg a_{H^+}$$

即

$$E = K + S \times \text{pH} \quad (2)$$

其中, E 为电池电动势(V), K 为与电极相关的常数。式(2)体现了pH计测量的基本原理,其本质上是一种电势分析法(Nernst方程)。若式(2)中的 K 和 S 已知,即可通过测 E 获得溶液的pH。在实际测试中, K 和 S 通过标准缓冲溶液校准测试得到,即用一种标准溶液结合理论斜率 S 求得 K 值,或者用两种标准溶液校准同时得到 K 值和 S 值,这也是一点法和两点法校准的原理所在。

需要说明的是,一般实验室的pH计主要是用于水溶液体系的pH测定。对于乙醇、 N,N -二甲基甲酰胺、二甲基亚砷、氯仿等有机试剂体系的pH测定,理论上是不可行的。如果水溶液中含有少量有机溶剂(要具体情况具体分析,一般含量在2%以内),且对测量精度要求不高(± 0.3)时,可以使用pH计测量,但要注意使用全玻璃材质的pH电极,不能使用有机材质(有机玻璃、PVC等)的pH电极。

在教学实验和科研实践中,通过选用合适型号的复合电极,如锥形pH复合电极、超纯水pH复合电极、耐高温电极等,以拓宽测定试样范围至半固态试样、纯水试样或高温试样等。

2.2 pH计的使用及其注意事项

2.2.1 pH计的使用

pH计型号多样,目前实验室广泛使用的有雷磁PHS-3C型pH计、梅特勒320-SpH计等,精度以测至小数点后两位最为常见。在将pH转化为 $[\text{H}^+]$ 时(忽略离子强度的影响),应注意有效数字与pH计的精度保持一致。

不同型号pH计的使用方法和操作流程大体相似,一般分为准备、校准(求 K 和 S)、测试、关机四个步骤^[6]。

(1) 准备

准备好标准缓冲溶液。常用的有pH 4.00的邻苯二甲酸氢钾标准缓冲溶液、pH 6.86的 KH_2PO_4 - Na_2HPO_4 标准缓冲溶液、pH 9.18的 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 标准缓冲溶液等。

安装好仪器和电极。开机预热30 min。将电极下端保护瓶取下,打开电极上端橡胶塞,露出加液孔以保持内外压的平衡;用纯水清洗电极,滤纸吸干水分。

(2) 校准

将冲洗干净并吸干水分的pH电极插入pH 6.86标准缓冲溶液中(球泡要全部浸没,外参比液面高于待测溶液液面1 cm以上),轻轻晃动烧杯或搅拌溶液以使溶液均匀并达到电化学平衡。

选择pH校准模式,确认温度(手动测量后输入或自动传感),按定位键,调节pH读数至相应数值(表1),确认,由式(2)得到理论斜率下的 K 值,即一点校准法完成。当对溶液样品pH测定结果要求不高(如0.1 pH精度及以下)时,可采用一点校准法。

表1 不同温度下常用标准缓冲溶液的pH

$T/^\circ\text{C}$	0.05 mol·L ⁻¹ 邻苯二甲酸氢钾溶液	0.025 mol·L ⁻¹ KH_2PO_4 - Na_2HPO_4 缓冲溶液*	0.01 mol·L ⁻¹ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 溶液
5	3.998 #	6.951	9.395
10	3.997	6.923	9.332
15	3.998	6.900	9.276
20	4.000	6.881	9.225
25	4.005	6.865	9.180
30	4.011	6.853	9.139
35	4.018	6.844	9.102
37	4.022	6.841	9.088
40	4.027	6.838	9.068

* KH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 溶液浓度均为0.025 mol·L⁻¹; # 3位有效数字,使用时可根据精度修约

纯水冲洗电极,并用滤纸吸干电极上残留的水分,再将电极插入另一标准缓冲溶液(接近待测溶液pH的缓冲溶液,若待测溶液为酸性,选用表1中的邻苯二甲酸氢钾溶液;若待测溶液为碱性,选用表1中的 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 溶液),按斜率键,调节溶液pH至理论值,按确定键,两点校准法完成。两点校准法是教学和科研实验中使用最广泛的pH计校准方法,测试准确度较高,能满足绝大部分实验要求。

若待测样的pH范围比较宽,而测试结果又要求很高时,可采用三点校准法。对只有定位、斜率按键的pH计,可采用两次两点法校准,即先用6.86、4.00的标准缓冲溶液校准一次,再用6.86、9.18的标准缓冲溶液校准一次。

需要说明的是,不同型号的pH计校准操作略有差异。如梅特勒系列有不同的标准溶液组合,校准前需要选定:雷磁新款pHS-3C直接采用pH 6.86、4.00、9.18 (25 °C)标准溶液组合自动“标定”,即在标定模式下,放入pH 6.86标准缓冲溶液,仪器显示6.80 pH和25 °C,温度计测试标准缓冲溶液温度,如25.2 °C,设置键调节温度为25.2 °C,按确认键,待读数稳定后再按确认键,仪器自动显示标定结果(6.86 pH 25.2 °C 100.0%斜率),一点校准完成。更换标准缓冲溶液,重复上述操作,即可完成两点或三点校准。

(3) 测试

将清洗并吸干水分的电极插入待测溶液中,按测量键,待读数稳定后读取pH。

(4) 关机

完成所有测试后,关闭仪器电源。清洗电极,旋上盛有 $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl溶液的保护瓶,使电极球泡浸泡于 $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl溶液中,塞好加液孔橡胶塞。

2.2.2 pH计使用的注意事项

为提高测量的精度并延长仪器的使用寿命,pH计在使用和存放过程中应注意以下几点:

(1) 仪器电极接口未接入电极时,务必插入Q9短路插头以防仪器损坏。Q9短路插头取下后,须放置在干燥洁净的环境中妥善保管。

(2) 复合电极的外参比补充液为 $3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl溶液,可从电极上端加液孔加入。电极不使用时,要塞好加液孔上的橡胶塞,防止补充液干涸。

(3) 新电极在使用前,要用纯水浸泡24 h,使表面生成水化层及不对称电势恒定。

(4) 复合电极使用前首先检查玻璃球泡是否有裂痕、破碎,玻璃球泡内是否存在气泡,以免影响测定。

(5) 电极在使用过程中要保持其处于竖直状态,不要横置或倒置,否则可能导致外参比溶液泄漏,也可能产生气泡导致测量数据不稳定。

(6) 使用电极过程中要保护好其敏感玻璃球泡,避免其触碰硬物。玻璃球泡要完全浸没于待测量溶液中;摇动盛液器皿时要轻缓,不能使电极触碰容器壁或底;磁子搅拌时不能触碰电极;电极清洗后用滤纸吸干玻璃球泡保护脚内残留水分,禁止擦拭以免对球泡造成损伤。

(7) 在连续测定过程中,不可将酸或碱直接滴在电极上。如等摩尔连续变化法测定磺基水杨酸合铜(II)配合物的组成及稳定常数以及线性滴定法测定硼酸的含量等实验中,需要在不断加入NaOH溶液的过程中测定溶液pH。此时注意不能将NaOH溶液直接滴在电极上,否则会导致测量数据不稳定,也可能会损伤电极。

(8) 测量结束,须将电极浸入盛有外参比补充液($3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KCl溶液)的保护瓶中,忌将电极长期浸泡在纯水中。

(9) pH计连续使用时,需至少每天校准一次。

(10) 避免电极长期浸泡于蛋白质或酸性氟化物溶液中,避免与硅油接触。

(11) 25 °C时,电极的理论斜率为 $59.2 \text{ mV}\cdot\text{pH}^{-1}$ (100%理论斜率),实际斜率在95%–105%之间一般视为正常。若降低明显,说明电极敏感球泡被污染或液体接界被堵塞,造成电极钝化。此时可根据污染物性质清洗电极,也可将电极下端浸泡在4% HF溶液中3–5 s,用纯水洗净后再在 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl

溶液中浸泡,使之复新。不能用四氯化碳、三氯乙烯、四氢呋喃等能溶解聚碳酸树脂的清洗液,因为电极外壳是用聚碳酸树脂制成的,其溶解后极易污染敏感的玻璃球泡,从而使电极失效。

(12) 常规电极在强酸($\text{pH} < 1$)或强碱($\text{pH} > 10$)条件下测定会产生误差(酸差、钠差)。强酸强碱等特殊溶液可以选用针对特殊场景的“专用”电极,如强酸性条件下用雷磁962201高精度pH复合电极,强碱性条件下用雷磁962245耐碱性pH电极等。或通过稀释的方法间接进行测定。

(13) 两点法校正时,一般选用pH 6.86 (25 °C)的标准缓冲溶液作为第一点,另一点则根据待测溶液的酸、碱性选择pH 4.00或9.18 (25 °C)的标准缓冲溶液。标准缓冲液可直接购买商品化“冲剂”或溶液,也可以根据表1所示浓度自行配制。标准缓冲溶液一般可保存2-3个月,一旦出现浑浊、发霉或沉淀,不能继续使用。

(14) 复合电极中的玻璃指示电极一般用于室温下(5-40 °C)水溶液体系的pH测定,如果待测溶液的温度较低或较高、或检测对象为土壤等试样,需用如前所述的特制pH指示电极。

需要指出的是,现代新型号的pH计其智能化程度越来越高,操作使用更简单,且所有品牌和型号的pH计都配有详细的使用说明书,使用者需要理解这样操作的原因,如电极使用前、中、后的处理、保护、保养,电极的清洗与吸干,pH计两点校准要先用pH 6.86 (25 °C)的标准缓冲溶液、再用pH 4.00或9.18 (25 °C)的标准缓冲溶液等,以得到科学的数据和结果^[4-6]。

3 结语

pH的调控与测量是某些化学实验成功的关键技术环节。pH试纸凭借简便快捷的特点适用于快速筛查,而pH计通过电化学原理提供更高精度的数据,两者互补构建了完整的pH测试体系。本文简单介绍了试纸的种类及其使用,重点讲述了pH试纸以及pH计的工作原理,明确了使用方法与操作要点,同时指出了操作时应特别注意的问题。希望能帮助读者正确规范地进行pH测定。

致谢: 特别感谢厦门大学化学国家级实验教学示范中心的阮婵姿老师提供pH试纸及其使用的照片。也非常感谢参与有关内容讨论的教育部化学实验教学改革创新虚拟教研室无机化学实验组的其他老师!

参 考 文 献

- [1] (a) 宋天佑,程鹏,徐家宁,张丽荣. 无机化学(上册). 第4版. 北京: 高等教育出版社, 2019;
(b) 宋天佑,徐家宁,程功臻,王莉. 无机化学(下册). 第4版. 北京: 高等教育出版社, 2019
- [2] 陈兴国,何疆,陈宏丽,陈永雷. 分析化学. 第2版.北京: 高等教育出版社, 2021.
- [3] 武汉大学. 分析化学(上册). 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [4] 任艳平,王翊如. 大学化学实验. 北京: 高等教育出版社, 2025.
- [5] 南京大学大学化学实验教学组: 大学化学实验. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [6] 武汉大学. 分析化学实验(上册). 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2021.