

SLDL-IA 数字式弱电解质解离常数测定仪

使用说明书(教学用)

一、 简介

本仪器为拥有自主知识产权的国家专利产品,用于电导法测定弱电解质电离平衡常数的实验。该实验方法:基本原理清晰、仪器使用操作简单、测定结果准确、精度高。仪器采用1000HZ 正弦信号源作信号发生器,有效避免了波形的不对称及脉冲信号的冲击效应,防止了由于电解而改变电解质溶液浓度以及极化作用影响改变溶液的电导。针对电导池自身所具有的容抗、感抗对测定结果的影响,采用了并联电容比较电桥和单片机内部数据处理等方法予以补偿,使实验结果与文献值基本一致。输出信号既可通过示波器观察亦可根据显示值进行数据处理。

二、 特点

- 1、采用 1000Hz 正弦信号,消除信号源对测量结果的影响。
- 2、采用并联电容比较电桥做工作电桥。
- 3、单片机内部数据处理相关信息。
- 4、具有数据自动采集,实时显示及动态显示(连接示波器)等多项功能。

三、 技术指标

电 源: 220V \pm 10% 50Hz

环境温度: -20 $^{\circ}$ C \sim 40 $^{\circ}$ C

环境湿度: \leq 85RH%

阻值显示: 0 \sim 1000 Ω 分辨率: 1 Ω

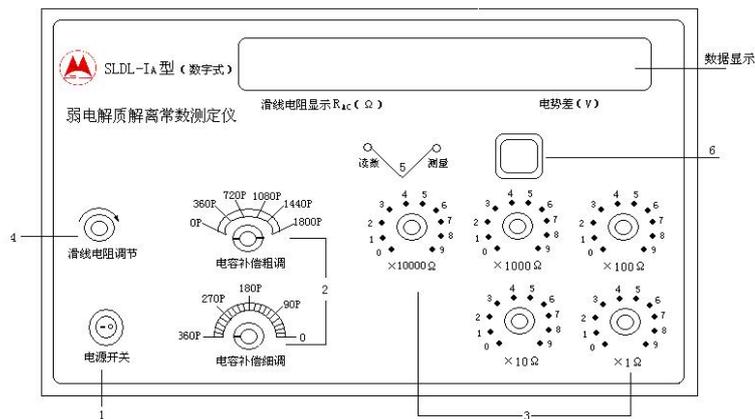
 0 \sim 10 \times 10⁴ Ω 分辨率: 1 Ω

电 势 差: 0 \sim 2V 分辨率: 0.001V

电容补偿: 0 \sim 1800P

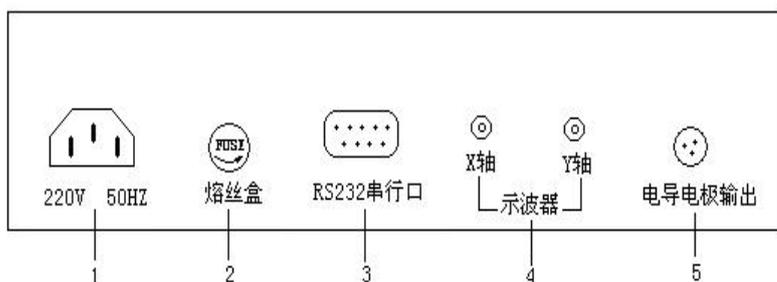
四、 面板功能说明

(一) 前面板



- 1——电源开关。
- 2——电容补偿选择：对电导池进行电容补偿。
- 3——可调电阻调节旋钮：调节范围为 $0 \sim 10 \times 10^4 \Omega$ 左右（准确度 0.3%）。
- 4——滑线电阻调节：调节范围 $0 \sim 1000 \Omega$ 左右（准确度 0.3%）。
- 5——工作状态指示灯：灯亮表明仪器处于所示工作状态。
- 6——工作状态切换键：切换仪器的工作状态。

(二) 后面板



- 1——电源接入。
- 2——保险丝座。
- 3——RS232 接口与计算机连接。
- 4——示波器 X、Y 轴通道接入。
- 5——外接电导电极。

五、 使用方法

1、仪器开机后的初使化。

开机后，电离平衡常数测试仪处于测量状态，测量指示灯亮，前面板显示如下：

----- 1.3280

电势差显示为电桥非平衡时实时电势值：1.3280。

电阻显示状态为-----，表示处于等待状态。测量指示灯亮。

2、恒温水浴温度控制

将水浴温度控制在 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

3、电离平衡常数测试仪开机后，需预热 15 分钟，才处于稳定工作状态。

4、准备工作

将配置好的 $0.01000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{KCl}$ 标准溶液和 $0.1000 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.05000 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.025000 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HAc 溶液分别转移至 4 只洗净、烘干后的电导管中，放入恒温水浴内的电导管架里恒温 15min。

5、测定电导池常数 θ

① 先后用去离子水和少量 $0.01000\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{KCl}$ 标准溶液依次润洗电导电极三次，然后将电导电极插入装有 KCl 标准溶液的电导管中，液面应超过电极铂黑片 1cm，且电极底部不可与电导管底部接触。

② 对电导池进行电容补偿，根据电导电极上所标注的电导池常数，对照表 1 中参数，选择相应的回归方程，计算出电容补偿值进行电容补偿（如：表中已列出，可直接采用）。回归方程式中 y 为电容补偿值， x 为电导池常数。

* 示波器设置

示波器垂直通道选择 CH_2 ，X、Y 轴灵敏度选择 1V 或 0.5V（灵敏度不宜太高），通道方式选择为 X-Y（接入），触发耦合为 AC，工作状态选择自动。

③ 按 **测量/读数** 键置读数工作状态，读数指示灯亮，调节滑线电阻电位器至最大（右旋到底），记录阻值 R_{AB} 。

④ 调节滑线电阻电位器，使滑线电阻显示为 500Ω ，即： $R_{BC}=R_{AB}-R_{AC}$ ，按 **测量/读数** 键，使仪器处于测量工作状态，测量指示灯亮，再调节可调电阻旋钮至示波器上显示振幅最小，也可用李沙育图形法（或使电势差显示值为最小）等检测方法判断电桥平衡点。按 **测量/读数** 键至读数状态，记录 R 值和滑线电阻 R_{AC} 。

⑤ 将可调电阻 R 增加 20Ω ，按 **测量/读数** 键切换到测量状态，调节滑线电阻旋钮，找到平衡点，记录 R 、 R_{AC} 值，再将可调电阻 R 减少 40Ω ，重新找到平衡点后，记录 R 、 R_{AC} 值。

5、测定 HAc 溶液的电导

① 将电导电极从装有 KCl 标准溶液的电导管中取出，先后用去离子水和少量待测溶液依次润洗电导电极三次，然后将电导电极插入装有待测溶液的电导管中，液面应超过电极铂黑片 1cm，且电极底部不可与电导管底部接触。（测定顺序由低浓度至高浓度）

② 对电导池进行电容补偿：根据 HAc 溶液浓度及电导池常数 θ 值，对照表 1 中参数，选择相应的回归方程，计算出电容补偿值进行电容补偿（如：表中已列出，可直接采用）。回归方程式中 y 为电容补偿值， x 为电导池常数 θ 值。

* 示波器设置

示波器垂直通道选择 CH₂，X、Y 轴灵敏度选择 1V 或 0.5V（灵敏度不宜太高），通道方式选择为 X-Y（接入），触发耦合为 AC，工作状态选择自动。

③ 调节滑线电阻电位器，使滑线电阻显示为 500 Ω ，即： R_{AC} 、 $R_{BC}=R_{AB}-R_{AC}$ ，按 **测量/读数** 键，使仪器处于测量工作状态，测量指示灯亮，再调节可调电阻旋钮至示波器上显示振幅最小，也可用李沙育图形法（或使电势差显示值为最小）等检测方法判断电桥平衡点。按 **测量/读数** 键至读数状态，记录 R 值和滑线电阻 R_{AC} 。

④ 将可调电阻 R 增加 200 Ω ，按 **测量/读数** 键切换到测量状态，调节滑线电阻旋钮，找到平衡点，记录 R 、 R_{AC} 值，再将可调电阻 R 减少 400 Ω ，重新找到平衡点后，记录 R 、 R_{AC} 值。

HAc 溶液的电导测定完成后，再次测定电导池常数，与步骤 5 的数值比较是否改变。

表 1 298K 和 1000HZ 下溶液的电容值

溶液/ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$		电导池常数					回归方程及相关系数 (R^2)
		0.93	0.96	1.00	1.02	1.07	
KCl	10	1500	1550	1600	1630	1700	$y=1409.6x+192.1$ ($R^2=0.9985$)
HAc	25	75	77	80	82	85	$y=73.0x+7.05$ ($R^2=0.9955$)
HAc	50	170	183	193	200	215	$y=313.5x-120.0$ ($R^2=0.9939$)
HAc	100	295	310	323	330	350	$y=382.4x-59.2$ ($R^2=0.9958$)

六、 随机附件

名称	数量
电导电极	1 支
示波器连接线	1 付
保险丝 (0.5A)	2 只
电导管	6 支
合格证	1 份
使用说明书	1 份

七、 售后服务

- 1、本仪器保修 18 个月，终身维修。
- 2、售后服务电话：025—85308999。

实验指导书（仅供参考）

一、实验目的

- 1、通过电导法测定弱电解质醋酸的电离平衡常数。
- 2、掌握恒温水浴和电离平衡常数综合实验仪的使用方法。
- 3、通过实验进一步理解溶液电导的一些基本概念。

二、实验原理

电解质溶液具有导电性，其导电能力可以用电导（G）来表示。电导定义为电阻的倒数，单位为 S（西门子），即在一定温度下，对于一段截面积为 A，长度为 L 的均匀导体，有

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$G = \frac{1}{R} = \kappa \frac{A}{L} \quad (1-1)$$

式中： ρ ——该导体的电阻率，单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ ；

κ ——电导率（比电导），单位为 $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$

电导池是用来测量溶液电导（电阻）值的设备，它是由两个电极组成的。在电导池中，L 表示两电极间距离，A 表示电极的面积。对于一定的电导池而言，L/A 为一常数，称为电导池常数，以 θ 表示。

$$G = \kappa \frac{1}{\theta} \quad (1-2)$$

由于电极的面积和距离不能被精确测量，因此电导池常数 θ 的测量通常采用测定已知精确电导率溶液的 G，然后由式（1-1）计算出电导池常数。最常用的是采用 KCl 溶液。表 1 列出了标准 KCl 溶液在不同温度下的电导率。

表 1 标准 KCl 溶液在不同温度下的电导率

C ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	电导率 κ		
	0°C	18°C	25°C
1.0	6.543	9.820	11.173
0.1	0.7154	1.1192	1.2886

0.01	0.07751	0.1227	0.14114
------	---------	--------	---------

电解质溶液的电导不仅与温度、离子的迁移速度有关，还与电解质的离子所带的电荷和电解质溶液的浓度有关。为了比较不同电解质溶液的导电能力，引入了摩尔电导率 Λ_m 的概念。

摩尔电导率 Λ_m 表示在两个相距 1m 的平行电极间，含有 1mol 电解质的溶液所具有的电导，单位为 $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$ ， Λ_m 等于电导率 κ 除以物质的量浓度 c_B ，即

$$\Lambda_m = \frac{\kappa}{c_B} \quad (1-3)$$

Λ_m 随浓度的变化而变化，但其变化规律对于强电解质和弱电解质是不同的。对于强电解质的稀溶液来说， Λ_m 与 c_B 有如下关系：

$$\Lambda_m = \Lambda_m^\infty (1 - \beta \sqrt{c_B}) \quad (1-4)$$

式中 Λ_m^∞ ——无限稀释时电解质溶液的摩尔电导率，称为极限摩尔电导率； β ——系数。

对于强电解质来说， Λ_m^∞ 是通过在 $\Lambda_m^\infty \sim \sqrt{c_B}$ 图中将 Λ_m 外推至 $c_B=0$ 时得到的。而对于弱电解质来说， Λ_m^∞ 与 c_B 不存在线性关系，其 Λ_m 可依据 Kohlrausch 的离子独立迁移定律求得即在无限稀释的溶液中，电解质的 Λ_m^∞ 是正、负离子的极限摩尔电导率之和。即：

$$\Lambda_m^\infty = \Lambda_{m+}^\infty + \Lambda_{m-}^\infty \quad (1-5)$$

这就是离子独立迁移定律。根据这一定律，在一定温度和一定溶剂中，不论另外一种离子是何种离子，只要是极稀溶液，同一种离子的电导总是相等的。因此可以由强电解质的极限摩尔电导率求得弱电解质的极限摩尔电导率。如 HAc 的 Λ_m^∞ 可以通过如下方式求得：

$$\begin{aligned} \Lambda_m^\infty (\text{HAc}) &= \Lambda_m^\infty (\text{H}^+) + \Lambda_m^\infty (\text{Ac}^-) = [\Lambda_m^\infty (\text{H}^+) + \Lambda_m^\infty (\text{Ac}^-)] + \\ &[\Lambda_m^\infty (\text{Na}^+) + \Lambda_m^\infty (\text{Ac}^-)] - [\Lambda_m^\infty (\text{Na}^+) + \Lambda_m^\infty (\text{Cl}^-)] \\ &= \Lambda_m^\infty (\text{HCl}) + \Lambda_m^\infty (\text{NaAc}) - \Lambda_m^\infty (\text{NaCl}) \end{aligned}$$

表 2 中列出了一些离子在无限稀释水溶液中的极限摩尔电导率。

表 2 298K 时一些离子的极限摩尔电导率

阳离子	$\Lambda_m^\infty (S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}) \times 10^{-4}$	阴离子	$\Lambda_m^\infty (S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}) \times 10^{-4}$
H^+	349.82	OH^-	198.0

Li ⁺	38.69	Cl ⁻	76.34
Na ⁺	50.11	Br ⁻	78.40
K ⁺	73.52	I ⁻	76.80
NH ₄ ⁺	73.40	NO ₃ ⁻	71.44
Ag ⁺	61.92	CH ₃ COO ⁻	40.90
½Ca ²⁺	59.50	½SO ₄ ²⁻	79.80
½Mg ²⁺	53.06		

一定温度下，醋酸在水溶液中呈下列平衡：



平衡时 $c_0(1-\alpha)$ $c_0\alpha$ $c_0\alpha$

电离平衡常数
$$K^\theta = \frac{c_0\alpha^2}{1-\alpha} \quad (1-6)$$

对于弱电解质而言，其电离度随溶液的稀释增大，当溶液无限稀释时，则弱电解质的电离度趋近于1。在一定温度下，溶液的摩尔电导率与电离度成正比，所以弱电解质的电离度 Λ_m^∞ 之比，即

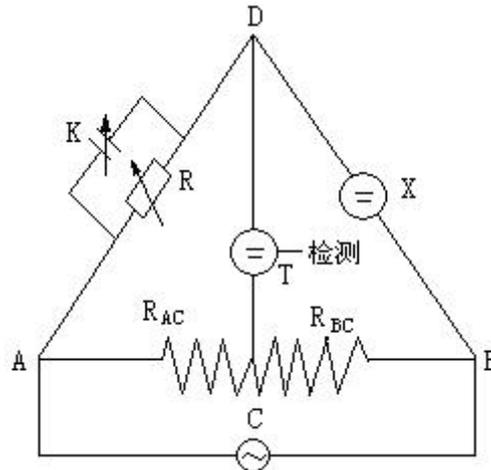
$$\alpha = \frac{\Lambda_m}{\Lambda_m^\infty} \quad (1-7)$$

将 (5-6) 代入式 (5-1) 得：

$$K^\theta = \frac{c\Lambda_m^m}{\Lambda_m^\infty(\Lambda_m^\infty - \Lambda_m)} \quad (1-8)$$

其中 Λ_m^∞ 可以从两种离子的极限摩尔电导率计算出来， Λ_m 通过实验测定出电导后计算出来，因此， $K\alpha^\theta$ 值即可通过式 (1-8) 得出。

电解质溶液的电导，是通过平衡电桥测定。电桥装置如图所示



T 为示波器 X 为电导池 K 为可变电容

R 为变阻箱 AB 为滑线电阻

实验时调节电阻箱 R 以及移动滑点 C 到适当位置，使示波器屏幕上的波形为一水平线（电势差表头显示值为最小），表示 CD 两点间无电流通过，它们的电压相等，电桥达到平衡，根据电学原理：

$$E_{AD} = E_{AC} \qquad E_{BD} = E_{BC}$$

$$I_1 R = I_2 R_{AC} \qquad I_1 R_X = I_2 R_{BC}$$

所以
$$R_X = R \cdot \frac{R_{BC}}{R_{AC}}$$

又
$$G = \frac{1}{R_X}$$

所以
$$G = \frac{1}{R} \cdot \frac{R_{AC}}{R_{BC}}$$

$$G = \frac{1}{R} \left(\frac{R_{AC}}{1000 - R_{AC}} \right)$$

三、仪器与试剂

电离平衡常数测试仪 电导池 超级恒温水浴

KCl 标准溶液 $0.01000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,

HAc 溶液 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.05000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.025000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

四、操作步骤

参照使用方法。

