

化学电池电动势及内外电压的实验研究

彭 丽 黄绍书
(贵州省黔西第一中学 贵州 黔西 551500)
岳国联
(六盘水市第三中学 贵州 六盘水 553000)
朱丽霞
(毕节市民族中学 贵州 毕节 551700)
(收稿日期:2021-10-19)

摘 要:采用 4 只电压表分别对市售研究闭合电路可调内电阻的专用化学电池和自制化学电池的正极与负极之间、正极与正极附近的探针之间、负极与负极附近的探针之间以及正极附近的探针与负极附近的探针之间的电势差进行测量. 根据实验数据对闭合电路中电场力做功与非静电力做功引起的电势变化进行分析, 指出化学电池中电场力和非静电力作用区域, 同时也验证了闭合电路中电动势与内电压和外电压之间的关系.

关键词:可调内电阻化学电池 闭合电路 电势变化 实验探究 非静电力 化学反应 电极附近

电动势是衡量非静电力在电源内部移动电荷做功本领的物理量, 闭合电路欧姆定律是普通高中物理课程的重要内容, 不同版本的高中物理教材^[1~4]编写这部分内容时通常都以化学电池作为电源. 然而, 教学中我们发现, 对于化学电池电动势及内外电压的理解是比较困难的. 我们结合闭合电路欧姆定律, 用可调内电阻化学电池设计了一个探究性实验, 以期释惑教学中的疑难问题.

1 实验装置

实验器材:J2365 型可调内电阻稀硫酸电池 1 个 (正极 A 和负极 B 的附近分别有 1 根探针 D 和探针 C), J0408 型电压表 (− 1 V ~ 0 ~ 3 V) 4 只, 普通电阻箱 1 只, 开关 1 只.

实验过程中各有关电压的测量电路如图 1 所示, 相应的电路图如图 2 所示.

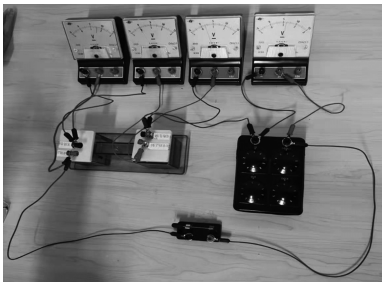


图 1 各电极各探针相互间电压测量电路实物图

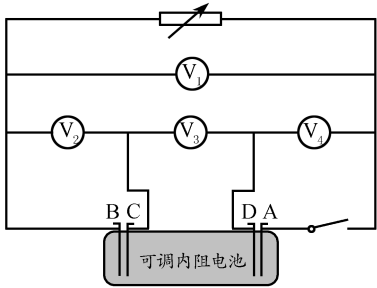


图 2 各电极各探针相互间电压测量电路图

图中, 电压表 V_1 测量正极 A 与负极 B 之间的电压即外电压 U_1 , 电压表 V_2 测量负极 B 与探针 C 之间的电压 U_2 , 电压表 V_3 测量探针 C 和探针 D 之间的电压 U_3 , 电压表 V_4 测量探针 D 与正极 A 之间的电压 U_4 .

2 实验现象

通过调节电阻箱接入电路的电阻, 可测出不同电阻情况下电池正负极之间、两根探针之间以及电池正极或负极与相应附近的探针之间电压值, 表 1 和表 2 分别记录了电池充电达到饱和状态和未达到饱和即非饱和状态下的实验过程中各电压表的 5 组测量数据.

表 1 和表 2 中的实验数据有两个特点:

(1) 电压表 V_1 和 V_3 的示数之和跟电压表 V_2 和

⑤ 的示数(绝对值,下同)之和相等;

采用自制的稀硫酸电池及自制的稀盐酸电池分别进行实验,其测量数据同样具有相同的特点.

(2) 电压表⑤ 的示数小于⑤ 的示数.

表 1 电池饱和状态下正负极与探针的各区间电压

次数	U_1/V	U_2/V	U_3/V	U_4/V
1	1.70	- 0.58	0.25	- 1.40
2	1.80	- 0.59	0.20	- 1.41
3	1.88	- 0.59	0.12	- 1.41
4	1.90	- 0.59	0.10	- 1.41
5	1.92	- 0.60	0.09	- 1.41

表 2 电池非饱和状态下正负极与探针的各区间电压

次数	U_1/V	U_2/V	U_3/V	U_4/V
1	1.24	- 0.20	0.35	- 1.40
2	1.45	- 0.25	0.21	- 1.41
3	1.45	- 0.20	0.16	- 1.42
4	1.61	- 0.29	0.11	- 1.43
5	1.66	- 0.31	0.10	- 1.45

3 实验分析

化学电池的基本原理^[5,6]就是在两电极位置发生的化学反应.在化学反应过程中将产生大量正负离子,由于静电吸引和扩散的双重作用,使得在电池两电极及其附近(探针)形成带异种电荷的两个稳定的双电层.这两个双电层将电池内部的两电极之间分成了 3 个区域,且各个区域的两端之间都具有一定的电势差.

3.1 电场分布与电势

根据实验装置可将整个闭合电路分为 2 个部分 4 个区域,即外电路的 A - B 区域,内电路的 B - C 区域、C - D 区域及 D - A 区域.从表 1 和表 2 的实验数据分析不难得出,电池各电极及各探针的电势的高低情况满足 $\varphi_A > \varphi_C > \varphi_D > \varphi_B$,这一关系可形象地用如图 3 所示的图形表示.分析表 1 和表 2 的实验数据,还可得出如图 4 所示的各区域电场分布的大致情况.

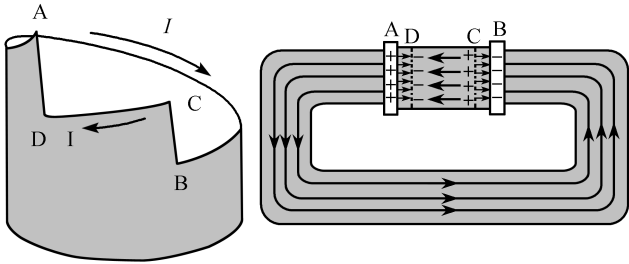


图 3 电极探针电势

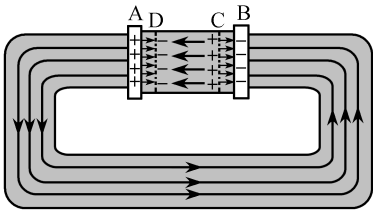


图 4 各区域电场分布

3.2 做功与电势变化及能量转化

化学电池工作过程中,非静电力即由在两电极位置发生的化学反应提供.结合表 1 实验数据和图 4 所示的电场分布分析,化学电池的非静电力的作用范围显然仅是两电极及其附近(探针)的两个双电层区域,且不难理解化学电池闭合电路工作过程中电场力与非静电力的做功情况.表 3 列出了各区域在工作过程中电场力和非静电力及电阻力(电阻效应产生的阻力)做功与电势变化及能量转化的关系.

表 3 电场力、电阻力和非静电力做功与电势变化及能量转化的关系

区域 / 过程	做功	电势变化	能量转化
A → B	电场力做正功,电阻力做负功	降低 U_1	电势能减小,电能转化为内能
B → C	电场力做负功,非静电力做正功	升高 U_2	电势能增大,化学能转化为电能
C → D	电场力做正功,电阻力做负功	降低 U_3	电势能减小,电能转化为内能
D → A	电场力做负功,非静电力做正功	升高 U_4	电势能增大,化学能转化为电能

3.3 内电压 外电压 电动势

根据表 1 和表 2 中的实验数据得到的“电压表 V_1 和 V_2 的示数之和跟电压表 V_3 和 V_4 的示数之和相等”这一特点和表 3 中的各个力做功情况,不难甄别化学电池闭合电路中的外电压、内电压和电动势以及验证它们之间的关系.也就是:

- (1) 电池的正极与负极之间的电压即电压表 V_1 的示数为外电压;
- (2) 电池的探针与探针之间的电压即电压表 V_3 的示数为内电压;
- (3) 电池的负极 B 与探针 C 之间的电压和探针 D 与正极 A 之间的电压之和即电压表 V_2 和 V_4 的示数之和为电动势.

另外,从表 1 和表 2 中还可看出,电池在充电达到饱和的状态下,电动势是很稳定的;而电池在充电未达到饱和即非饱和的状态下,电动势很不稳定.

- (4) 前述“电压表 V_1 和 V_3 的示数之和跟电压表 V_2 和 V_4 的示数(绝对值,下同)之和相等”这一特点说明,化学电池闭合电路中内电压与外电压之和等于电动势.

4 两点说明

- (1) 不同电源提供非静电力的渠道不同,化学电池的非静电力由电池内部的化学物质与电极之间发生的化学反应提供.
- (2) 干电池等其他化学电池,由于其结构有别于可调内电阻化学电池,其内电压和电动势均不能直接测量.

参 考 文 献

- 1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中课程标准实验教科书物理.选修 3-1[M].北京:人民教育出版社,2010.60~62
- 2 束炳如,何润伟.普通高中课程标准实验教科书物理·选修 3-1[M].上海:上海科技教育出版社,2007.76~80
- 3 廖伯琴,赵宝钢,胡炳元.普通高中课程标准实验教科书物理·选修 3-1[M].山东:山东科学技术出版社,2011.72~76
- 4 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心.普通高中教科书物理必修(第 3 册)[M].北京:人民教育出版社,2018.83~88
- 5 刘建兰,郭会明,韩明娟,等.物理化学(下)[M].北京:化学工业出版社,2017.58~82
- 6 刘兆阅.物理化学中浓度差电池概念及器件化[J].教育教学论坛,2016,4(15):160~166

Experimental Research on Electromotive Force and Internal and External Voltage of Chemical Battery

Peng Li Huang Shaoshu

(Qianxi No. 1 Middle School, Qianxi, Guizhou 551500)

Yue Guolian

(Liupanshui City No. Middle School, Liupanshui, Guizhou 553000)

Zhu Lixia

(Bijie Minority Middle School, Bijie, Guizhou 551700)

Abstract:Four voltmeters are used to study the special chemical battery with adjustable internal resistance of the closed circuit and the self-made chemical battery between the positive electrode and the negative electrode, between the positive electrode and the probe near the positive electrode, and the probe near the negative electrode. The potential difference between the probe and the probe near the positive electrode and the probe near the negative electrode are measured. According to the experimental data, the electric potential changes caused by the electric field force and the non-electrostatic force work in the closed circuit are analyzed, and the area of action of the electric field force and the non-electrostatic force in the chemical battery is pointed out, and the electromotive force and the internal voltage and the external voltage in the closed circuit are also verified. The relationship between.

Key words: adjustable internal resistance chemical battery; closed circuit; potential change; experimental investigation, nonelectrostatic force; chemical reaction; near the electrode