

# 让学生体验科学探究过程的一个教学案例\*

——以“研究水果电池的电动势和内阻”为例

王朝祥

(北京市第八十中学 北京 100102)

(收稿日期:2019-11-11)

**摘要:**以学生常见的问题情境(用串联的水果电池组点亮发光二极管)为切入点,按照“提出问题→实验探究→理论解释→实践检验→交流评估”的主线设计教学,引导学生亲历科学探究过程,突出“问题、证据、解释、交流”4个方面,提升科学探究素养水平. 教学内容渗透了数形结合思想,还涉及化学、生物等多学科知识,体现了STEM课程理念.

**关键词:**科学探究 数形结合 STEM理念

## 1 案例开发缘由

水果电池取材方便、贴近生活,是小学、初中科学课的常见教学素材,在高中物理、化学课堂中也都有出现,但学生对水果电池电动势和内阻的大小缺乏定量认知,甚至对影响二者的因素有错误判断,比如,有些学生错误地认为“水果越酸,水果电池的电动势越大”.

为解决上述问题,本案例依托人教版高中《物理·选修3-1》教材(2010版)第二章第10节“实验:测定电池的电动势和内阻”设计教学,围绕“如何使二极管更亮?”的问题展开探究,带领学生在系列活动中体验科学探究过程,提升科学探究素养水平.

本案例的实施过程,也是引领学生综合运用闭合电路欧姆定律、一次函数图像、原电池的电极电势、电解液的PH值、水果的营养成分等多学科知识分析解决实际问题的过程,充分体现了STEM课程理念.

## 2 案例设计

### 2.1 教学目标设计

(1)通过测定水果电池的电动势和内阻,巩固对闭合电路欧姆定律的理解,渗透能量转化和守恒观念.

(2)通过实验探究活动体验“提出问题、形成猜想、定量探究、解释结论”等科学探究过程,经历实验方案和实验器材的选择,体会数形结合思想的应用,提升科学探究能力.

(3)能综合运用物理、化学、生物等多学科知识定性解释实验探究的结果,基于证据和推理对不同观点和结论提出质疑和批判、进行检验,对问题进行展望,培养创新能力.

### 2.2 教学资源设计

(1)供选择的分组实验器材:

水果(苹果、梨、柠檬等,选其一),电极(铜、锌、铁,宽1cm),PH试纸;

电压表(0~3V,内阻3k $\Omega$ ;0~15V,内阻15k $\Omega$ );

电流表(0~0.6A,内阻0.125 $\Omega$ ;0~3A,内阻0.025 $\Omega$ );

微安表(量程200 $\mu$ A;灵敏度 $U_{g1}=200$ mV,内阻 $r_{g1}=1000\Omega$ ;  $U_{g2}=600$ mV,内阻 $r_{g2}=3000\Omega$ );

滑动变阻器(10 $\Omega$ ,2A),电阻箱(0~99999 $\Omega$ );

发光二极管(红色,导通电压约2V),开关、导线若干.

(2)学生实验任务单.

(3)电脑及局域网系统.

\*北京市中小学名师发展工程首都师范大学基地研究成果.

## 2.3 教学流程设计

教学流程设计如图1所示。

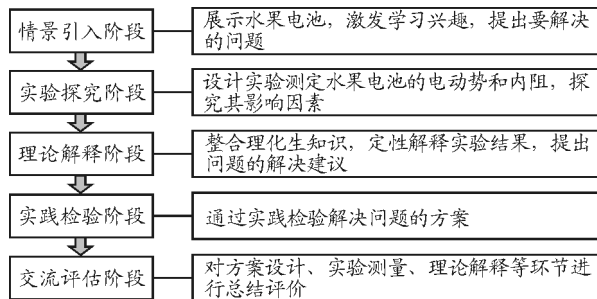


图1 “研究水果电池的电动势和内阻”教学流程

## 2.4 主要教学环节介绍

### 2.4.1 环节一: 情景引入阶段

**教师活动:** 演示串联的水果电池组能点亮发光二极管, 测量通过二极管的电流。

介绍水果电池构造, 分析其能量转化, 提出发散性问题, 如何增加二极管的亮度?

**学情预设:** 通过发光二极管的电流约为  $150 \mu\text{A}$ 。

二极管的亮度取决于通过二极管的电流(或电源电动势和内阻), 增大电动势或减小内阻可以增加二极管亮度。

**设计意图:** 估算水果电池电动势和内阻的大小(数量级), 引发定量测量以及影响二者的因素探究。

### 2.4.2 环节二: 实验探究阶段

#### (1) 测量电路选择

**教师活动:** 展示课前思考题, 基于学情诊断引导学生论证、选择测量电路, 分析实验原理, 优化数据处理方案。

**课前思考题:** 已知某待测电源的电动势约为  $1 \text{ V}$ , 内阻约为几  $\text{k}\Omega$ , 请你选择合适的器材设计一个实验, 准确地测量该电源的电动势  $E$  和内阻  $r$ 。

要求写出实验原理, 设计数据处理方案, 并分析实验的系统误差。

**可供选择的器材:**

电压表( $0 \sim 3 \text{ V}$ , 内阻  $3 \text{ k}\Omega$ ;  $0 \sim 15 \text{ V}$ , 内阻  $15 \text{ k}\Omega$ );

电流表( $0 \sim 0.6 \text{ A}$ , 内阻  $0.125 \Omega$ ;  $0 \sim 3 \text{ A}$ , 内阻  $0.025 \Omega$ );

微安表(量程  $200 \mu\text{A}$ ; 内阻  $1000 \Omega$ );

滑动变阻器( $10 \Omega, 2 \text{ A}$ ), 电阻箱( $0 \sim 99999 \Omega$ ), 开关、导线若干。

**学情预设:** 学生可能有如图2~图4所示3种测量电路设计, 教师引导学生展开互评。

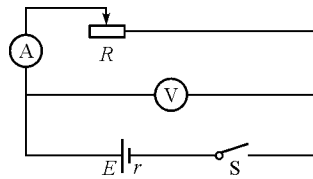


图2 伏安法

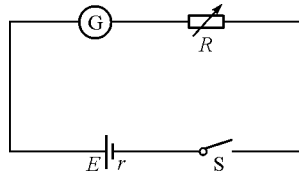


图3 安阻法

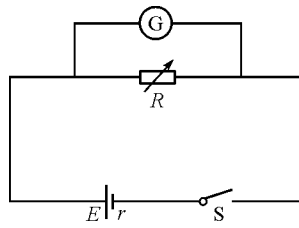


图4 伏阻法

**学生甲:**

用伏安法试测, 实验现象如下:

1) 电流表( $0 \sim 0.6 \text{ A}$ 挡)几乎没有示数, 换用微安表才可测量;

2) 变阻器( $10 \Omega, 2 \text{ A}$ )起不到调节作用, 换用电阻箱( $0 \sim 99999 \Omega$ )后电流才可调节;

3) 电压表示数小, 不到量程的  $\frac{1}{5}$ 。

原因分析: 水果电池的电动势小, 其内阻远大于变阻器的最大电阻。

结论: 伏安法不可行。

**学生乙:**

参考伏安法的试测结果, 若用伏阻法试测, 电压表示数小(不到量程的  $\frac{1}{5}$ )。

结论: 伏阻法不可行。

**学生丙:**

参考伏安法的试测结果, 安阻法可行。实验原理和数据处理方案如下<sup>[1]</sup>。

根据闭合电路的欧姆定律

$$E = I(R + r_g + r)$$

化曲为直  $\frac{1}{I} = \frac{1}{E}R + \frac{r_g + r}{E}$

作出  $\frac{1}{I} - R$  图像,如图 5 所示,图线的斜率  $k =$

$$\frac{1}{E}, \text{纵轴截距 } b = \frac{r_g + r}{E}.$$

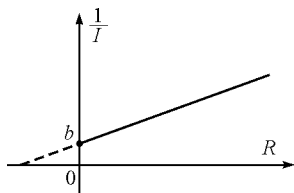


图 5  $I^{-1} - R$  图像

因此,电动势  $E = \frac{1}{k}$ ,内阻  $r = \frac{b}{k} - r_g$ .

**设计意图:**论证、选择实验方案,体现一次函数图像在处理实验数据方面的应用.

强化电学实验的总原则:安全、准确、可操作.渗

透电压表、电流表的选择原则——尽可能利用表盘的中间刻度进行测量.

(2) 分组测量水果电池的电动势和内阻

**实验 1:**测定 3 种水果电池的电动势和内阻(研究水果种类的影响)

水果使用:A 组——柠檬,B 组——苹果,C 组——梨.

电极材料:Cu-Zn,电极插入深度  $h = 4$  cm,电极间距  $d = 2$  cm.

注意事项:

1) 制作要求:电极无氧化层,平行插入水果(有核的水果,电极插在果核同侧);

2) 实施测量时,电路通电时间要短,防止电动势和内阻发生明显变化.

实验数据处理结果如表 1 所示.

表 1 水果种类的影响

序号	水果种类	水果汁液 PH 值	电极材料	电极深度 $h/\text{cm}$	电极间距 $d/\text{cm}$	电动势 $E/\text{V}$	内阻 $r/\Omega$
1(A)	柠檬	2	Cu-Zn	4	2	0.919 8	2 793
2(B)	苹果	3~4	Cu-Zn	4	2	1.016 0	5 981
3(C)	梨	5~6	Cu-Zn	4	2	1.152 8	7 478

总结:水果种类影响水果电池的电动势和内阻.

**设计意图:**通过实验测定 3 种水果电池的电动势和内阻,兼顾研究水果种类的影响.实验设计渗透了控制变量法,引导学生体会一次函数图像在处理

实验数据方面的应用.在实验技能、信息技术手段应用等方面为实验 2 做好准备.

**实验 2:**研究电动势和内阻与电极材料、间距、插入深度的关系(水果使用苹果)

实验数据处理结果如表 2 所示.

表 2 电极材料、间距及插入深度的影响

序号	水果种类	电极材料	电极深度 $h/\text{cm}$	电极间距 $d/\text{cm}$	电动势 $E/\text{V}$	内阻 $r/\Omega$
4(A)	苹果	Cu-Zn	4	4	1.055 9	9 508
5(B)	苹果	Cu-Zn	2	2	1.082 6	11 073
6(C)	苹果	Fe-Zn	4	4	0.449 0	4 498

**教师活动:**引导学生汇总实验结论.

影响水果电池电动势的因素:水果种类、电极材料.

影响水果电池内阻的因素:水果种类、电极材料、电极深度、电极间距.

#### 2.4.3 环节三:理论解释阶段

**教师活动 1:**结合双电层理论,分析正极反应和负极反应,启发学生从理论上理解电动势的产生机制.

介绍:电动势  $E = \varphi_+ - \varphi_-$ ,电极电势  $\varphi = \varphi^\ominus +$

$$\frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{\text{氧化物}}}{C_{\text{还原物}}}, \varphi^\ominus \text{ 为标准电极电势.}$$

介绍:有学者通过实验证明,水果电池(Cu-Zn)工作时,其正极析出氢气和单质铜<sup>[2]</sup>.

**学情预设:**影响水果电池电动势的因素分析如下.

(1) 水果电池是原电池,影响其电动势的主要因素是电极的材料,两电极的活动性差异越大,电动

势越大.

(2) 水果电池的电动势与水果种类有关. 不同水果的汁液(电解液)中, 参与电极反应的离子浓度不同(氢离子和其他氧化性强的金属离子), 电动势也就不同; 但不是水果越酸, 水果电池的电动势越大<sup>[3]</sup>.

(3) 水果电池的电动势可能与其他未探究的因素有关, 如成熟程度、插入部位、温度等.

**教师活动 2:** 启发学生从理论上定性地解释影响水果电池内阻的因素.

**学情预设:** 可能的结论为水果种类、成熟程度、电极材料、电极间距、电极插入深度等因素对水果电池内阻都有影响. 水果的汁液越多、电极插入越深、电极间距越小, 水果电池的内阻越小.

#### 2.4.4 环节四: 实践检验阶段

**教师活动:** 引导学生解决问题, 如何使发光二极管更亮?

**学情预设:**

(1) 提出增加发光二极管亮度的可行性措施:

(上接第 61 页)

1.5 m 长直玻璃管(直径约 10 mm) 相连, 先将另一回路用夹子夹紧, 打开水泵后, 水面会被提升到一个稳定的高度, 不同的水泵提升水面高度不同. 将水泵与电源相类比, 引导学生思考水面被提升到最高处相当于什么. 随后再将演示回路夹子放开, 水面高度出现明显降低. 将水泵类比为电源, 水路类比为电路, 夹子类比为开关, 请问夹子放开前后的水面分别对应了什么, 让学生体会电动势和路端电压在数值、能量等方面的区别, 同时建立内阻的概念.

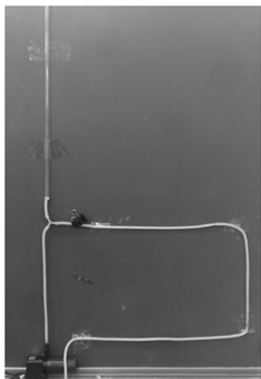


图 4 电池与电路模拟图(水泵、软管、长直玻璃管)

增加电池节数, 选用活跃性差异大的电极对、电解液丰富的水果, 适当增大电极插入深度、减小电极间距……

(2) 根据上述操作建议, 改进“活动一”的实验“用串联的水果电池组点亮发光二极管”, 检验上述建议的正确性.

**设计意图:** 提出并通过实验检验解决问题的方案, 呼应情境引入阶段的思考题.

#### 2.4.5 环节五: 交流评估阶段

**学生活动:** 再现探究过程, 对解决问题的思路、实验方案设计、实验数据处理、理论解释各环节进行回顾, 简述本节课涉及的学科知识和思想方法.

#### 参考文献

- 1 王朝祥. 探究影响水果电池电动势和内阻的因素[J]. 物理教师, 2013(4): 45
- 2 林永. 运用能斯特公式探究“水果电池”正极反应原理[J]. 化学教育, 2011(7): 66
- 3 华彤文. 普通化学原理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005. 473 ~ 475

最后, 针对学生用功率表示非静电力做功本领的认识展开讨论. 提问: 电源中非静电力做功本领与电源是否接入电路是否有关, 随后用电源不接入回路中的情况来反驳.

$$\frac{W_{\text{非}}}{t} = \frac{W_{\text{非}}}{q} \frac{q}{t} = EI$$

从上式中可以看出非静电力的功率正比于电流, 如果电源不接用电器, 电流为零, 则功率为零, 但电源的生电能力不取决于是否接外电路.

#### 4.4 科学态度与责任

总结电源的 3 个参数: 电动势、内阻、容量. 讨论如何提升电动车续航能力的问题. 介绍空气锂电池 2018 年 3 月最新的发展动态. 围绕核心科技是第一生产力, 借助中美贸易战的背景号召学生们为中国崛起而读书, 为祖国研制世界一流的技术.

#### 参考文献

- 1 田慧生. 深化我国课程整合与课堂教学改革[J]. 教育科学论坛, 2015(2): 4 ~ 21
- 2 张玉峰. 核心素养导向的北京高中物理新课堂[J]. 物理之友, 34(10): 4 ~ 10