

# 核心素养导向下的物理教学

——以《闭合电路的欧姆定律》为例

代国顺

连云港市海滨中学 江苏 连云港 222042

**【摘要】**本文主要以闭合电路的欧姆定律为例，分别从核心素养导向下的教学目标设定、学科活动预设、教学过程设计等方面简要讨论核心素养导向下的物理教学。

**【关键词】**核心素养 物理教学 学科活动 闭合电路 欧姆定律

从双基到三维目标再到核心素养的变迁充分体现了从学科本位到育人为本的转变。核心素养传承了过去的三维目标，关键能力传承了知识与技能、过程与方法，必备品格传承了情感态度与价值观。物理学科核心素养更是科学育人的集中体现，是学生通过学习物理逐渐形成的正确价值观念、必备品格和关键能力，其主要体现在物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任四个方面。如何把这四个方面落实在教学中，是每一个一线物理教师目前最重要的必修课。本文以人民教育出版社普通高中教科书2019版物理必修第三册第十二章第2节闭合电路的欧姆定律为例，谈谈如何在核心素养导向下开展物理教学。

## 1. 核心素养导向下的教学目标设定

教学目标是为了提高学生的学科核心素养，是为了学生能够在知识经济和智能化时代，面对不确定的复杂情境时，能够具备关键能力与品格，在正确价值观念指引下，综合运用所学知识以及自身智慧，解决现实问题。所以教学目标不能仅仅局限于“三维目标”的设定，要根据高中物理核心素养的要求和学生实际，通过科学探究，运用科学思维，形成物理观念，培养科学态度与责任。

### 1.1 目标设计

具体到闭合电路的欧姆定律这节课，不能仅仅只理解电动势、闭合电路的欧姆定律等物理知识，要在科学研究的过程中理解电动势、闭合电路的物理概念并形成物理观念，提高科学思维，培养科学态度与责任。

1.1.1 通过科学探究，猜想出电源内部有电阻，培养学生的科学探究能力。

1.1.2 运用科学思维，形成电动势和闭合电路的物理观念。

1.1.3 通过探究闭合电路的电流跟电动势及内、外电路电阻之间的关系本质，探究闭合电路的欧姆定律，认识路端电压和负载的关系本质，培养学生的科学态度与责任。

### 1.2 重点、难点

学科科学素养导向下的物理教学活动中重、难点预设不仅要关注学科知识，更要关注学科活动以及在学科活动中核心素养的形成。

**重点：**探究闭合电路的欧姆定律，形成电动势物理观念，提高科学思维能力。

**难点：**理解电源电动势概念，形成物理观念。

## 2. 核心素养导向下的学科活动预设

学科知识是形成学科素养的载体，但只简单的复制、记忆、理解和掌握学科知识不能形成素养。通过学科活动对学科知识进行加工、消化、吸收，并在此基础上进行内化、转化、升华才能形成学科素养。在设计和开展教学活动时必须以学科核心素养为导向，充

分体现学科的性质和特点，使学科教学过程成为学科核心素养的形成过程。

物理的特点是以实验为基础，以思维为中心，通过实验，创设情境，观察表象，理性思维抽象出物理模型，再通过具体的物理现象和原生态问题，得到建构和升华。为此，为实现本节课设定的目标，以闭合电路的欧姆定律这节课学科知识为载体，以学科核心素养为导向，预设以下三组具体活动为主要任务设计本节课教学：

**2.1** 通过“通电电路中的旧电池会发热”和“多个并联的小灯泡明显比单独一个灯泡暗”这两个实验现象，经历演示实验、观察现象、提出问题、形成猜想的科学探究过程。

**2.2** 根据猜想，建构电池的物理模型，形成内电路的物理概念，进而形成闭合电路的概念；通过设计实验，对建立的电池模型进行科学求证；通过了解电池的内部结构、对电路中自由正电荷的动力学和功能关系分析，研究电源的作用，理解电动势概念，并运用形象化的类比形成物理观念。

**2.3** 通过问题引导，对内、外电路的能量变化进行分析，探究电流 $I$ 跟电源的电动势 $E$ 及内阻 $r$ 、外电路的电阻 $R$ 之间的关系本质，总结归纳闭合电路的欧姆定律；运用闭合电路的欧姆定律解释实验现象和根据 $U-I$ 图像，认识路端电压和负载的关系本质，了解图像在两个轴上的截距的物理意义，从图像上分析电动势和内阻。

## 3. 核心素养导向下的教学过程设计

### 3.1 科学探究——寻找核心素养最近发展区

科学探究是指基于观察和实验提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验与制订方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并做出解释，以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力。

#### 3.1.1 演示实验

演示实验1：多个小灯泡并联在两节干电池上（如图1示），一段时间后，灯泡和干电池都会发热。

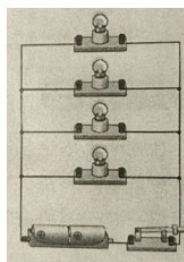


图 1<sup>①</sup>

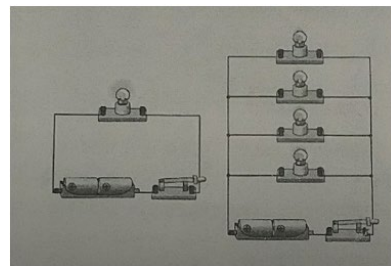


图 2<sup>②</sup>

演示实验 2: 四节新开封的新电池, 随机两个一组, 5 个规格一样的小灯泡, 按图 2 所示的两个电路连接好。

### 3.1.2 观察现象

多个并联的小灯泡明显比单独一个灯泡暗。

### 3.1.3 提出问题

为什么多个并联的小灯泡明显比单独一个灯泡暗呢?

### 3.1.4 形成猜想

演示实验 1 中“灯泡发热”, 根据焦耳定律, 灯泡有电阻, 电流经过灯泡做功, 将电能转化为内能, 灯泡发热。电源发热, 是因为电源内部也有电阻吗? 演示实验 2 中的“灯泡暗”, 说明该灯泡的功率变小了, 各灯泡电阻规格一样, 电阻相等, 根据和, 可见多个并联的小灯泡两端的电压、电流都变小了。假如电源内部有电阻的话, 根据串、并联电路的性质, 电源的电阻应该和外部的灯泡是串联的。

## 3.2 科学思维——促进核心素养生根发芽

科学思维主要包括模型构建、科学推理、科学论证、质疑创新等要素。

### 3.2.1 恰当运用猜想, 建构电池模型

基于猜想, 把外部的灯泡、导线等看作外电路; 电源看作理想电源和一个电阻, 即内电路。理想电源、内电阻 (内电路的电阻) 和外电路以串联形式连接, 将演示实验的实物电路简化为一个串联电路模型, 其电路图如图 3, 即把电源想象成一个理想电源和一个电阻串联, 再与外电路串联。

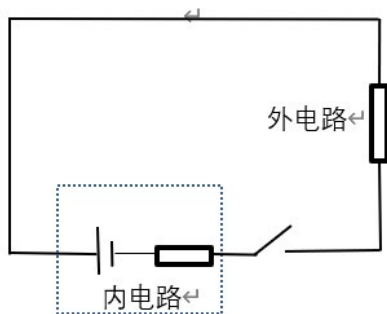


图 3

### 3.2.2 自主设计实验, 科学进行求证

将电池 (旧)、电灯泡、开关、滑动变阻器、电流表串联, 接电压表测量路端电压。闭合开关后, 调节滑动变阻器, 观察电压表示数的变化: 滑动变阻器的电阻增大, 电压表示数变大, 电流表示数变小。

交流解释: 电源看成理想电源, 电源提供的“电压”不变, 滑动变阻器和“电源的内阻”串联后, 滑动变阻器电阻变大, 串联电路的总电流变小, “电源的内阻”分担的电压变小, 外电压变大, 即电压表的示数变大。

### 3.2.3 描述电池特性, 形成物理观念

物理观念是物理概念和规律在头脑中的提炼与升华, 是从物理学的视角解释自然现象和解决实际问题的基础。

基于猜想和建构的模型, 电源内部有电阻, 有同学会提出来通过实验测量这个电阻, 以验证是否真的存在。教师此时应引导学生在本节课上先从电池内部开始研究, 下节课再以实验的方式测量电源的内阻, 以引导到电动势的教学上来。

(1) 拆解电池, 为形成物理观念作表象铺垫



图 4 电池的剖面图

结合图 4, 电池主要由碳电极 (正极)、锌筒 (负极) 及在碳电极和锌筒之间的糊状电解质组成, 与平板电容器相似, 不同的是比平板电容器多储存着一些提供能量的化学物质。把图 3 所示的电路图中的电源想象成平行板电容器。

(2) 科学分析, 为形成物理观念作理论支撑

思考 1: 把自己想象成一个自由正电荷, 从正极板出发, 沿着教材图 12.2-2 (如图 5) 标识的路径出发。①在外电路, 电场从正极指向负极, 在静电力作用下, 沿着导线向负极板运动, 运动方向和静电力方向相同, 静电力做正功, 电势能减少, 减少的电势能转化为内能, 电势也减少, 若规定正电荷的定向移动方向为电流方向, 即在外电路, 沿电流方向电势降低。②到达“负极”, 在内电路, 电场也是从正极指向负极, 静电力开始阻碍运动。因此, 要想在内电路移动到正极, 就一定要有一种与静电力方向相反的力 (非静电力) 作用于电荷才行。③若没有非静电力, 正电荷与负极的负电荷就会很快被中和, 电源就不能维持持续的电流。④要想维持电路中的持续的电流, 每从电源的正极在静电力作用下沿外电路到达负极一个单位的正电荷, 就要有非静电力把负极的一个单位正电荷从负极经电源内部搬运到正极, 这样电路中才会有稳定的电势差, 才会有持续的电流。⑤因此, 正电荷到达“负极”后, 如果能有把正电荷从负极搬运到正极的非静电力, 电路就可以维持稳定的电压, 持续的电流。在搬运的过程中, 非静电力做正功, 电势能增加, 非静电力把非电势能 (其他形式的能) 转化为电势能。

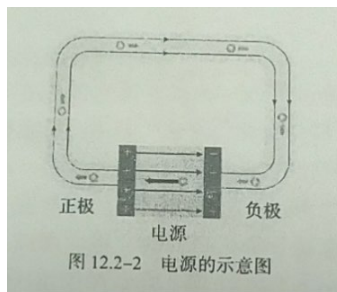


图 5 教材图 12.2-2

思考 2: 电池 (电源) 的作用是提供“非静电力”, 把正电荷从负极搬运到正极, 在搬运的过程中, 非静电力做功, 使电荷的电势能增加, 即通过非静电力做功把其他形式的能转化为电势能。所以, 从能量转化的角度看, 电源是通过非静电力把其他形式的能转化为电势能的装置。

(3) 形象类比, 为形成物理观念作架构桥梁

如图 6, 水池 A 里的水在重力作用下, 经过底下的水管流向水池 B, 在底下水管里产生水流。若抽水机不工作, 底下水管里的水流就不稳定, 很快就会因两水池水位 (水势) 等高而停止流动; 若让抽水机工作, 使得 A、B 两水池保持相同的水势差, 即单位时间内从水池 A 流向水池 B 多少水, 抽水机就把 B 水池里的多少水抽向 A 水池, 即 A、B 两水池将保持稳定的水压, 底下水管将会有持续稳定的水流。抽水机把一定质量的水从水势低的地方通过某种力 (非重力) 搬向水势高的地方, 克服重力做功, 使水的重力势能增

大，即抽水机是通过非重力做功把其他形式的能转化为重力势能的装置。抽水机型号不同，其抽水扬程不同，即把单位质量的水抬高的高度不同。要想在闭合的水路中产生持续的水流，抽水机必须具备能够把水从B水池（低水势）抽到A水池（高水势）的能力，即抽水机要克服水的重力和阻力做功，把其他形式的能转化为重力势能的能力。这种能力可以量化为非重力（其他力）把1Kg水从低处搬向高处所做的功。这种能力是抽水机的特性，由非重力做功的特性决定，与外水路无关。

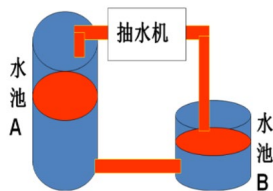


图 6

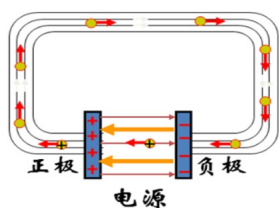


图 7

对比图 6 闭合水路和图 7 闭合电路，将电源类比为抽水机，谈谈如何量化电源搬运电荷的能力？

思考：对照图 7，以搬运正电荷为例，每单位正电荷在静电力的作用下从电源的正极沿外电路移动到负极，电源通过非静电力把单位正电荷从负极沿内电路搬到正极，就可使电路中产生持续的稳定的电流，在搬运的过程中，电源通过非静电力做功把其他形式的能转化为电势能，电源要克服静电力和阻力做功，把其他形式的能转化为电势能的能力，可以量化为非静电力把1C正电荷从负极（低电势）搬向正极（高电势）所做的功，电源这种搬运电荷的特性，我们用电动势（E）描述，即。国际单位为伏特，与电势、电压单位相同。电动势是由电源的非静电力做功的特性决定，与外电路无关。

### 3.3 科学态度与责任——扩展核心养生长新空间

科学态度与责任是指在认识科学本质，认识科学技术社会环境的基础上，逐渐形成探索自然的内在动力，严谨认真、实事求是和持之以恒的科学态度，以及遵守道德规范，保护环境并推动可持续发展的责任感。

通过对电池本质认识，理解了电动势概念，进而形成了电动势观念和闭合电路的观念。然后再依托学生探索自然的内在动力，通过两个问题，认识闭合电路的电流跟电动势及内、外电路电阻之间的关系本质；通过利用闭合电路的欧姆定律解释实验现象和U-I图像，认识路端电压和负载的关系本质，并在此基础上使学生逐渐形成更加严谨认真的科学态度与责任。

3.3.1 通过两个问题，认识闭合电路的电流跟电动势及内、外电路电阻之间的关系本质

问题 1：对于闭合电路来说，内、外电路都会出现电势降低，电势能减少，减少的电势能转化为内能等其他形式的能，这些能量是谁提供的呢？

思考：这些能量是电源通过非静电力做功把其他形式的能转化为电能，转化的数值与非静电力所做的功相等，即在某段时间内电源输出的电能为。

问题 2：电动势和内外电压有怎样的关系？电流 I 跟电源的电动势 E 及内阻 r、外电路的电阻 R 之间会有怎样的关系？

思考：如教材图 12.2-4（如图 8）：

即电源的电动势等于内、外电路的电势降落之和。

#### 【参考文献】

- 1 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准（2017年版）[S]. 北京：人民教育出版社，2018.
- 2 张颖、梁旭. 普通高中教科书. 物理必修第三册[M]. 北京：人民教育出版社，2019.
- 3 薄祥中、姜峰. 以“弹力”教学为例谈科学探究能力的培养策略[J]. 中学物理教学参考，2017(10)：8-10.
- 4 姜峰. 物理教学呼唤生命教育的回归[J]. 中学物理教学参考，2013(1-2)：9-11.
- 5 余文森. 从三维目标走向核心素养[N]. 华东师范大学学报(教育科学版)，2016-02-20：11-13.

在纯电阻电路中，电流所做的功全部转化为内能，根据焦耳定律即，该式表示闭合电路的电流跟电源的电动势成正比，跟内、外电路的电阻之和成反比，这个结论我们称为闭合电路的欧姆定律。

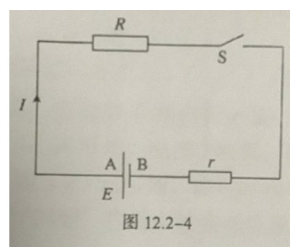


图 8 教材图 12.2-4

#### 3.3.2 透过实验现象，认识路端电压和负载的关系本质

解释演示实验 2 的实验现象：多个并联的小灯泡明显比单独一个灯泡暗？

根据并联电路的性质，多个小灯泡并联和单独一个灯泡联入电路相比，外电路的电阻 R 变小，根据闭合电路的欧姆定律，干路电流 I 变大，路端电压 U 变小，又因为，即，所以变小，所以在演示实验 2 中，多个并联的小灯泡比单独一个灯泡暗。所以根据闭合电路的欧姆定律，得到路端电压和负载的关系：当外电路电阻增大时，电流减小，路端电压增大；当外电路电阻减小时，电流增大，路端电压减小。

#### 3.3.3 根据 U-I 图像，认识路端电压和负载的关系本质

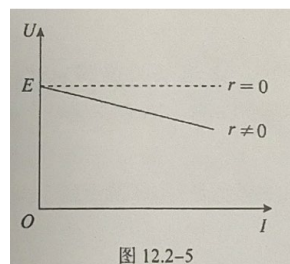


图 9 教材图 12.2-5

根据，即，画出 U-I 图像，如图 9。

要求：（1）学生能够清楚知道该 U-I 图像是一个倾斜的直线，认识到路端电压随电流变化的本质：电流变大，其路端电压变小，电流变小，其路端电压变大；（2）能够从的函数上看出，其斜率就是内阻；（3）能从图像上认识到断路时，电动势就等于路端电压的本质：断路时，，，即 U-I 图像与 U 轴的截距就是电源的电动势；（4）能够认识到图像与 I 轴的截距是电动势与内阻的比值：电源短路时，负载，路端电压，电源内部电压，故电源短路电流。

### 结束语

德国著名物理学家、诺贝尔奖获得者冯·劳厄曾经说过：“教育所给予人们的无非是当一切已学过的东西都忘记后所剩下的东西。”

爱因斯坦也曾在一次演讲中说道：“如果你把学校教授给你的一切知识都忘记了以后，剩下的那部分内容就是教育，我们的生活就是去运用剩下的内容去思考，去迎接并战胜困难，去开创我们的事业，去追求我们的美好生活。”在科学探究过程中形成的物理观念、科学思维、科学态度和责任等素养或许就是学生将来忘记物理知识之后所能剩下的东西吧。因此，我们在教学中应当把学科知识和学科活动融合，通过科学探究，促进学生形成物理观念，提高科学思维，培养科学态度和责任，以提高学生的核心素养。