

“UIR 三角模型”构建及应用*

——以高考电学实验题为例

鹿传旺 胡文 吴兴舟

(山东省淄博第一中学 山东 淄博 255200)

(收稿日期:2021-07-31)

摘要:基于欧姆定律和电路相关知识,结合常见的电学实验,通过分析、总结、提炼,探索构建蕴含多种思维方式的“UIR 三角模型”,以高考题为例介绍该模型的运用方法,“UIR 三角模型”能启发学生的实验设计思路,激发创新思维灵感,在分析电学实验问题时起到事半功倍的作用.

关键词:UIR 三角模型 电学实验 科学思维

电学实验题是每年高考的必考内容,题目设计灵活多变,创新性强,对学生的科学思维能力要求很高.新的物理课程标准(2017年版)中提出:发展学生的科学思维能力是重要的教学目标之一,构建模型是一种重要的科学思维方式^[1].笔者在多年的备考教学中发现,合理巧妙地运用物理模型能够帮助学生提高分析、推理和预测电学实验的能力,有利于降低师生高考电学实验的备考难度.本文将电学“UIR 三角模型”为例,介绍其构建及运用的过程,并辅之以具体的案例来介绍其用途.

1 “UIR 三角模型”构建

高中电学实验主要围绕电压、电流、电阻的测量来展开.为了测试学生的科学推理能力,电学实验题目在设计过程中通常会缺失部分实验器材,例如缺失电压表或电流表;在考查学生科学论证、质疑创新能力时,题目设计中会给出充足的器材,学生需要进行甄别,根据实验方案合理选择实验器材,例如给出的电压表、电流表、电阻箱的量程不合适.应对上述情况,学生需要借助欧姆定律进行思维转换去分析.

1.1 缺失电压表或电压表不合适

测电压用“IR-U”思维方式:一个合适的电流表搭配一个已知阻值的电阻就可表达出电压,即将

电压 U 的测量转化为用电流表测量已知电阻值 R 中的电流 I ;如果电流表本身的电阻已知,电流表本身也可作为电压表用,读出电流值 I 乘以其电阻值 R 便相当于测出了电压 U .如图1(a)所示,构建图1(b)所示三角关系模型来表征这种思维方式.

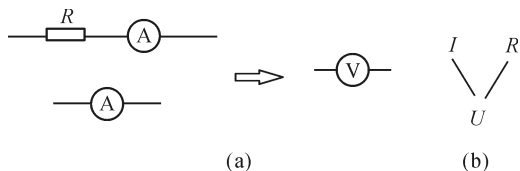


图1 IR-U思维方式

1.2 缺失电流表或电流表不合适

测电流用“UR-I”思维方式:一个合适的电压表搭配一个已知阻值的电阻就可表达出电流,将电流 I 的测量转化为用电压表测量已知电阻阻值 R 两端的电压 U ;如果电压表本身的电阻已知,电压表本身也可作为电流表用,读出电压值 U 除以其电阻值 R 便相当于测出了电流 I .如图2(a)所示,构建图2(b)所示三角关系模型来表征这种思维方式.

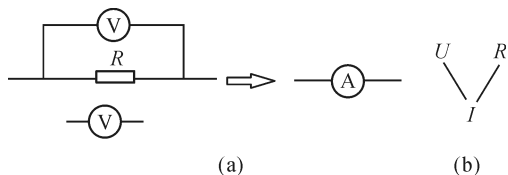


图2 UR-I思维方式

《中国高考评价体系》在回答“考什么”的问题

* 山东省教育教学研究课题“智慧教室教学环境下高中物理科学建模核心素养研究”阶段成果,课题编号:2020JXY247

作者简介:鹿传旺(1970-),男,本科,中教高级,研究方向为高中物理教学及新课改教学研究、高考备考工作.

上提出“核心价值、学科素养、关键能力、必备知识”，在回答“怎么考”的问题上提出试题应体现“基础性、综合性、应用性、创新性”的考查要求^[2]。前面两种情况在“考什么”的问题上侧重物理核心素养“科学思维”的考查，在“怎么考”的问题上更多体现“创新性”的考查要求。用电压表测电压、电流表测电流在电学实验考查中兼具“学科素养、关键能力、必备知识”三重特性，试题适合体现“基础性、综合性、应用性”的考查要求，例如伏安法测电阻。

1.3 不缺失电压表和电流表

伏安法测电阻是高中电学实验最基本、最常用的测电阻的方法，属于“ $UI-R$ ”思维方式：用合适量程的电压表和电流表分别测出电压 U 和电流 I ，借助欧姆定律得出电阻值 R 。选用如图 3(a) 所示的电流表内接或外接电路进行测量，但会存在原理误差。若设计成如图 3(b) 所示电路可消除因电路结构带来的原理误差：先把单刀双掷开关打到 1，测出电压 U_1 和电流 I_1 ，得出电阻箱、电流表、待测电阻的总阻值 R_1 ，再将开关打到 2，测出电压 U_2 和电流 I_2 ，得出电阻箱、电流表的总阻值 R_2 ，进而求出 $R_x = R_1 - R_2$ ，构建图 3(c) 所示三角关系模型来表征这种思维方式。

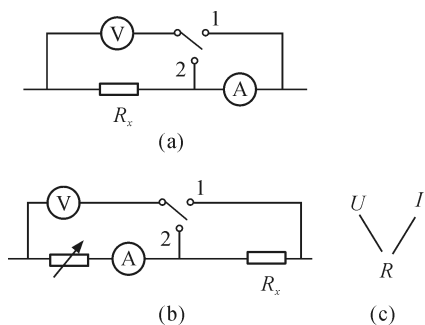


图3 $UI-R$ 思维方式

面对更复杂的电学实验问题，需要综合运用多种思维方式，甚至重复使用同一种思维方式。构建循环式的“ UIR 三角模型”能够帮助学生清晰有序地分析、推理电学实验。如图 4 所示，任意一个以 U, I, R 为顶点的三角之间的数学关系都可由 $I = \frac{U}{R}$ 及其变形式去表征，利用“ UIR 三角模型”分析、推理高中电学实验问题，能够带来极大的方便。

“ UIR 三角模型”可解读为：基于欧姆定律的关

于电压、电流、电阻之间相互关联的具有思维导向功能的三角状模型图，“ UIR ”的 U, I, R 分别表示电压、电流、电阻，有时可引申为电压表、电流表、测电阻的仪器。

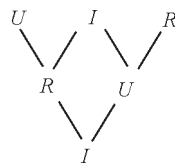


图4 UIR 三角模型

2 “ UIR 三角模型”蕴含的丰富思维方式

“ UIR 三角模型”基本的思维导向是电压、电流、电阻中任一个可由另外两个借助合适电路结构来测出。除此之外，若以“ IRI ”“ IRR ”“ URU ”等为顶点构建三角形来表达解决电学实验的思维方式，其内涵会更丰富，分析电学实验问题的思路会更广，现举例如下。

2.1 “ $IR-I$ ”思维方式

对电流表进行量程改装，就属于这种思维方式。如图 5(a) 所示， $IR-I$ 在“ UIR 三角模型”中位置如图 5(b) 实线构建三角形。

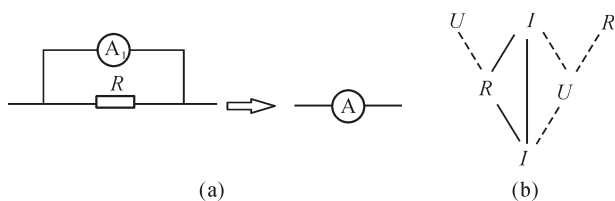


图5 $IR-I$ 思维方式

2.2 “ $IR-R$ ”思维方式

正如替代法、半偏法、电桥法测电阻那样，属于用电流、电阻推理分析测量电阻这种思维方式。如图 6(a) 所示， $IR-R$ 在“ UIR 三角模型”中位置如图 6(b) 实线构建三角形。

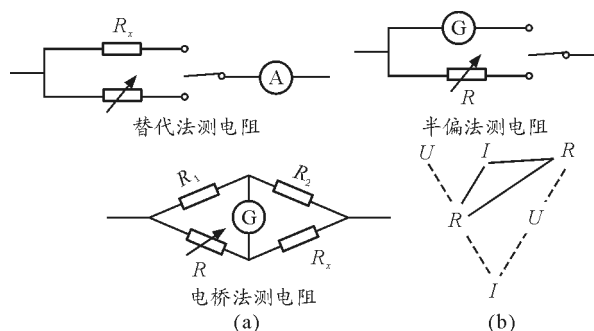


图6 $IR-R$ 思维方式

2.3 “UR-U”思维方式

这种思维方式是用电压、电阻推理分析电压,例如对电压表进行量程改装.如图7(a)所示,UR-U在“UIR三角模型”中位置如图7(b)实线构建三角形.

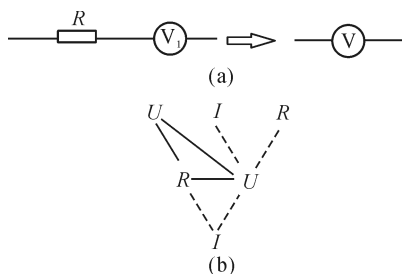


图7 UR-U思维方式

2.4 “UR-R”思维方式

半偏法测电压表内阻等实验属于这类思维方式.如图8(a)所示,其在“UIR三角模型”中位置如图8(b)实线构建三角形.

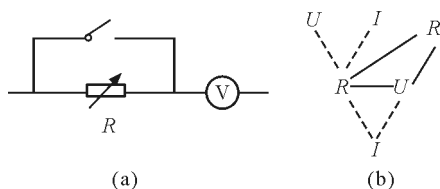


图8 UR-R思维方式

2.5 “UI-U”思维方式

在测电源的电动势和内电阻实验中,可看作依据闭合电路的欧姆定律,借助外电路的电压和电流的测量分析推理电动势.如图9(a)所示,其在“UIR三角模型”中位置如图9(b)实线构建三角形.

2.6 “UI-I”思维方式

在霍尔效应相关实验中,用霍尔元件上的霍尔电压 U 和通电电流 I_H 分析推理所加磁场对应的电流 I ,或者用霍尔电压 U 和所加磁场对应的电流 I 分析推理通电电流 I .如图10(a)所示(图片来自2014年江苏高考物理试题),其在“UIR三角模型”中位置如图10(b)实线构建三角形.

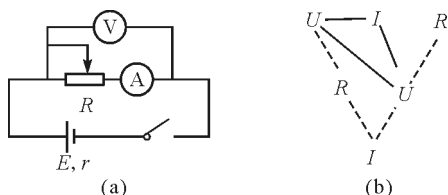


图9 UI-U思维方式

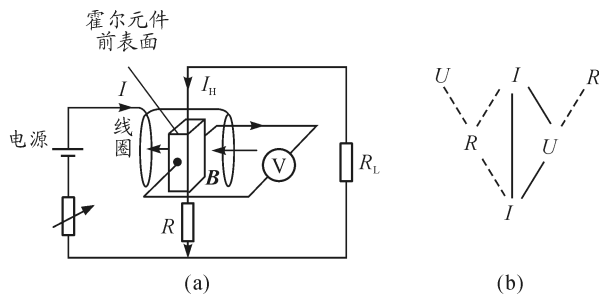


图10 UI-I思维方式

以上是“UIR三角模型”中蕴含的三量间的思维方式.从另外角度看,三角模型中还蕴含两不同量思维方式,比如:“UR”“UI”“IR”,电学实验中的电压表与电阻组合、电压表与电流表组合、电流表与电阻组合进行实验属于此类思维方式.三角模型中也蕴含两同类量间的思维方式,比如:“UU”“II”“RR”思维,例如电学实验中的电压表与电压表组合、电流表与电流表组合、电阻与电阻组合进行实验,在此不再画图举例.

3 “UIR三角模型”运用

下面以高考题为例说明“UIR三角模型”的使用,题目中的设有节选.

【例1】(2021年高考广东卷物理第12题)某小组研究热敏电阻阻值随温度的变化规律,根据实验需要已选用了规格和量程合适的器材.按图11连接好电路进行测量.

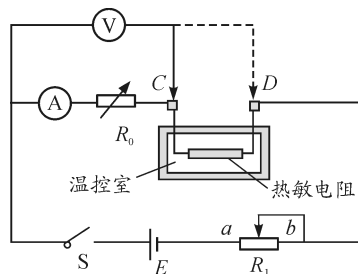


图11 例1题图

(1) 闭合开关 S 前,将滑动变阻器 R_1 的滑片滑到 b 端.将温控室的温度设置为 T ,电阻箱 R_0 调为某一阻值 R_{01} ,闭合开关 S ,调节滑动变阻器 R_1 ,使电压表和电流表的指针偏转到某一位置.记录此时电压表和电流表的示数 T 和 R_{01} ,断开开关 S .再将电压表与热敏电阻 C 端间的导线改接到 D 端,闭合开关 S .反复调节 R_0 和 R_1 ,使电压表和电流表的示数与

上述记录的示数相同. 记录此时电阻箱的阻值 R_{02} , 断开开关 S.

(2) 实验中记录的阻值 R_{01} _____ R_{02} (选填、“小于”或“等于”). 此时热敏电阻阻值 $R_T =$ _____.

解析: 求热敏电阻是该题的难点部分, 只要能识别出实验原理就很容易突破. 抓住题干中“将 C 端改接到 D 端, 使电压表和电流表的示数与上述记录的示数相同”这段表述, 将电压表对应“U”, 电流表对应“I”, 热敏电阻对应“R”, 可借助“UIR 三角模型”中“UI-R”思维方式可知前后两次电阻相同, 若用 R_A 表示电流表的内阻, 可写出前后电阻的关系式

$$R_A + R_{01} = R_A + R_{02} + R_T$$

求得

$$R_T = R_{01} - R_{02}$$

显然 R_{01} 大于 R_{02} .

【例 2】(2021 年高考理综全国乙卷第 23 题) 一实验小组利用图 12 所示的电路测量一电池的电动势 E (约 1.5 V) 和内阻 r (小于 2 Ω). 图中电压表量程为 1 V, 内阻为 $R_V = 380.0 \Omega$; 定值电阻为 $R_0 = 20.0 \Omega$; 电阻箱 R , 最大阻值为 999.9 Ω , S 为开关. 按电路图连接电路, 完成下列填空:

(1) 为保护电压表, 闭合开关前, 电阻箱接入电路的电阻值可以选 _____ Ω . (填“5.0”或“15.0”);

(2) 闭合开关, 多次调节电阻箱, 记录下阻值 R 和电压表的相应读数 U ;

(3) 根据图 12 所示电路, 用 R, R_0, R_V, E 和 r 表示 $\frac{1}{U}$, 得 $\frac{1}{U} =$ _____.

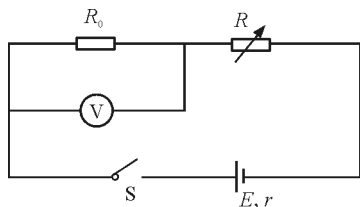


图 12 例 2 题图

解析: 第一步, 用“UIR 三角模型”中“UR-R”思维方式处理, 电压表(V)示数不能超过 1 V, 而电压表内阻与定值电阻的并联值 R 为 19 Ω , 电阻箱要分担至少 0.5 V 的电压, 若忽略电池内阻的分压(不影响结论), 据串联电路分压与电阻成正比, 电阻箱

阻值 R 至少应为 9.5 Ω , 显然 5.0 Ω 不符合要求, 15.0 Ω 符合要求. 第三步, 电路设计里边没有电流表, 只有电压表(V)和电阻 R , 要使用闭合电路的欧姆定律列方程, 必须表示出电流 I , 可用“UIR 三角模型”中“UR-I”思维方式处理. 用电压表示数 U 及电压表内阻与定值电阻的并联值 $R_{并}$ 表示出闭合电路的电流 I .

$$I = \frac{U}{R_{并}} = \frac{U(R_0 + R_V)}{R_0 R_V} \quad (1)$$

再用“UIR 三角模型”中“IR-U”思维方式得出电阻箱及内阻上的电压 U_{Rr} 为

$$U_{Rr} = I(R + r) \quad (2)$$

再用“UIR 三角模型”中“UU”思维方式表示出电动势 E 和电路中各部分电压关系式为

$$E = U_{Rr} + U \quad (3)$$

联立式(1)~(3)得

$$\frac{1}{U} = \frac{(R_0 + R_V)}{ER_0 R_V} R + \frac{(R_0 + R_V)r + R_0 R_V}{ER_0 R_V} \quad (4)$$

本题的综合性较强, 综合运用了“UIR 三角模型”中的多种思维方式联合求解.

4 结束语

综上所述, “UIR 三角模型”蕴含着丰富的思维方式, 是解决灵活多变的高考电学实验题目的有力武器. 它能使学生洞悉命题思路, 快速掌握关键点, 理清解题思路, 方便学生调用所学电路知识和规律快速解答. 在日常实验教学中, 教师应重视物理建模教学, 培养学生的建模、用模意识, 使学生养成根据具体物理问题, 利用所学知识综合运用多种思维方式进行模型构建, 并在此基础上推理、分析问题. 以此优化学生的思维结构, 提升科学思维品质, 发展学生的物理学科核心素养.

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 2020 年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020. 51~52
- 2 中华人民共和国教育部. 中国高考评价体系[M]. 北京: 人民教育出版社, 2020. 6~7