在实验方案设计中培养学生的质疑创新能力

——以“探究电流的热效应”为例

宁启仪

（江苏省东海县白塔初级中学，江苏 连云港　222345）

摘　要：实验方案的设计作为实验教学中的核心部分，对实验教学起到引领促进作用，如果再对实验方案进行必要的质疑创新，将能在一定范围内深化对科学探究实验的深度理解，达到学以致用下科学思维能力的培养.为此，以“探究电流的热效应”为例，分别以人教版为代表的逻辑思维型和以苏科版为代表的问题解决型的实验方案设计思想为例，对不同类型方案质疑分析，并提出创新设计，进而实现在实验方案设计中培养学生的质疑创新能力.

关键词：实验方案设计；质疑创新；电流的热效应

科学思维是物理核心素养的重要组成部分之一，而质疑创新占据科学思维中较高层次的思维等级，质疑是创新的基础，是思维的重要品格，创新是质疑最终目标，更是实现育人目标的关键.在物理学中谈质疑创新，不仅是指对知识与技能的简单疑问，更重要的是在事实证据与科学推理下对不同问题、观点以及结论等提出批判性的疑问、检验与修正，进而提出具有创造性思维能力的见解.[1]物理是一门培养科学思维尤其是质疑创新能力的独特学科，物理教材中蕴含着大量的质疑创新的素材，[2]尤其是实验教学中的细节性问题，如实验方案设计是实验教学中必不可少，决定实验成功的重要环节，应该创设与实验相关的教学情境，设置具有一定挑战性的探究任务，有意识地培养学生对探究任务的质疑进阶能力，[3]进而在质疑的基础上设计新的方案，达到学以致用下科学思维能力的培养，这是提升学生核心素养的途径之一.

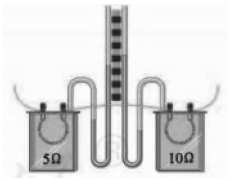
1　教材中实验方案设计的对比分析

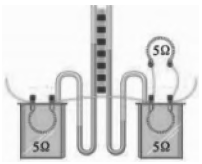
初中学生经过一年多的学习已经形成了物理知识的大致框架，在好奇心的驱动下经常提出不同的问题，这时如果给学生埋下质疑的种子，必然会点燃创新的火苗，这就是所谓“博观而约取，厚积而薄发”.这是对在实验方案设计中培养学生的质疑创新能力的生动体现.[4]深度研读多版本教材中同一实验方案设计，并对其进行有机整合，这是积累大量知识的前提，是质疑创新的关键所在.为此，本文以初中物理“探究电流的热效应”为例，通过深度分析人教版、苏科版、北师大版、沪科版这 4 种版本教材的设计方案，对每一种设计方案质疑分析，并给出创新设计方案，为整个初中物理探究实验的方案设计提供一点微薄的贡献.

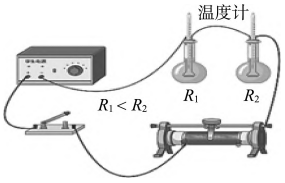
多版本教材中对“探究电流的热效应”都一致采用了控制变量法的思想，对于电热也都采用了转换法的思想，只是转换法思想在电热显示可见度方面有所不同.具体可分为两类，一类是逻辑思维型，主要以人教版为代表，通过介绍生活中常见的电热器以及电流的热效应，这些电热从哪里来？最终又到哪里去？通过设置电热器发热比导线多得多，引出产生的电热与哪些因素有关的猜想，最终通过实验设计验证猜想，并得出结论.另一类是问题解决型，主要以苏科版、北师大版、沪科版为代表，这里主要以电热器及产生电流的热效应为起点，通过设置一系列问题解决为突破口，猜想影响电流热效应的因素.比如电炉丝与导线串联，为什么电炉丝热得发红而导线不怎么热，这说明电热可能与电阻有关；电炉丝在通电时发热，不通电时不发热，这说明电热可能与电流有关；电炉丝通电的时间越长，发热得越厉害，这说明电热可能与通电时间有关.具体的两类实验方案设计的对比分析如表 1 所示，从中可以清晰地看出两种类型的实验方案设计都有优点.

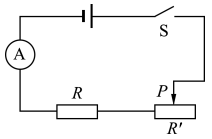
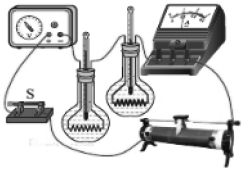
中国知网　https://www.cnki.net

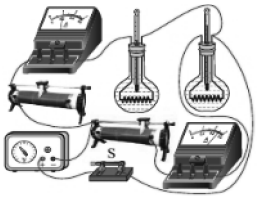
表 1　不同版本中实验设计方案的对比分析

<table>
<tr><th>版本</th><th>探究标题</th><th>物理方法</th><th>比较电热方法</th><th>实验方案设计</th><th>方案评析</th></tr>
<tr><td>人教版</td><td>电流的热效应</td><td rowspan="4">控制变量法、转换法</td><td>电流产生的热量($Q_{放}$)转换为液面的高度差(Δh)</td><td>

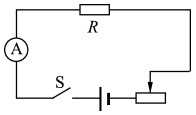
两个密闭容器中空气温度升高相同吗？


电流大小不同的相同电阻丝，产生的热量相同吗？</td><td>易懂、方便、操作时间短、灵敏度高</td></tr>
<tr><td>苏科版</td><td>探究电流热效应的影响因素</td><td rowspan="3">电流产生的热量($Q_{放}$)转换为液体温度的升高(Δt)</td><td>

将电阻丝接入电路中，通电时电阻丝产生热量使瓶中液体温度升高

</td><td rowspan="3">简单易懂、可视性好、操作时间长、误差稍大</td></tr>
<tr><td>北师大版</td><td>电流的热效应</td><td>

阻值不同的电阻丝产生的热量使两个瓶中液体温度升高相同吗？


电流大小不同、阻值相同的电阻丝产生的热量相同吗？</td></tr>
<tr><td>沪科版</td><td>科学探究：电流的热效应</td><td>

等质量煤油温度升高来比较电阻丝产生热量的多少

</td></tr>
</table>

通过对上述对多版本教材中“探究电流的热效应”的实验方案设计的分析可以看出，每一种设计理念都有各自的优点，以人教版的逻辑思维型为例，能够在一定程度上促进学生的深度学习，让学生在感受生活的基础上思考产生的问题，使学生在逻辑思维上呈现一定的阶梯性，在探究问题的过程中培养科学思维能力.[5] 以苏科版的问题解决型为例，在问题解决的基础上更加关注科学探究能力的培养，科学思维能力的发生，在探究电流热效应的影响因素时，不仅关注发现问题的意识、解决问题的能力，而且更加注重在猜想问题的指引下探究影响问题的因素，为深度思考解决问题以及创新设计方案，进而在不断质疑与创新中优化解决实际问题的能力.

2　实验方案设计的案例分析

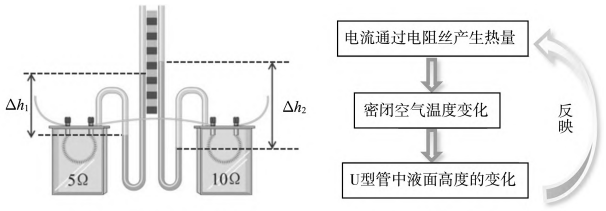
实验方案的设计本着确定好物理研究思想方法的基础上，用可观、可见、清晰度高的现象来显示不易观察或测量的物理量，在“探究电流的热效应”的实验时，采用控制变量法的思想研究本实验. 本实验中需要将电热传递给另一种易观察现象的物质，如气体或液体，比较另一种物质受热变化程度. 解决好上述研究思想方法与比较电热的问题后，下面分别以逻辑思维型和问题解决型为例，对两种实验设计的方案评析质疑，进而实现简单创新设计，为实验教学提供一点微薄的贡献.

2.1　对逻辑思维型的实验方案设计的质疑创新

对以人教版为代表的逻辑思维型的实验方案进行分析，如图 1(甲)所示，电阻丝 $R_1=5\ \Omega$、$R_2=10\ \Omega$ 分别密封在装有等量空气的容器内(容器形

中国知网 https://www.cnki.net

状相同),两容器用 U 型管相连,U 型管中充入液体.当电阻丝加热密封容器中的空气后,会使 U 型管两侧液面形成一定的高度差,液面高度差越大的一端电阻丝产生的热量越多,具体简易分析如图 1(乙)所示.为了进行多次实验,需要改变两个电阻丝的电流,因此需要在电路中串联一个滑动变阻器,这样便于寻找规律、得出结论.

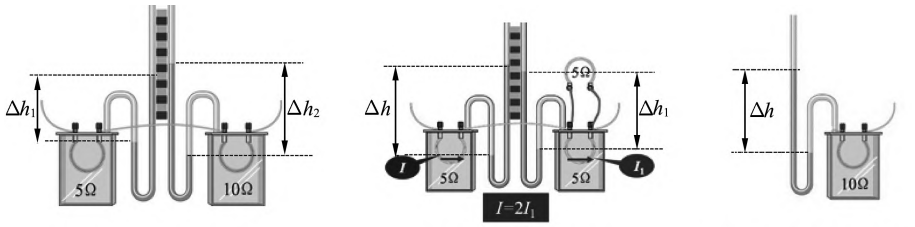


(甲)两电阻丝串联研究电热　(乙)电热分析流程

图 1　电流热效应研究思路

原实验方案回顾:如图 2 所示,在控制变量法思想的指引下,将 3 个电阻丝 $R_1=5\ \Omega$、$R_2=10\ \Omega$、$R_3=5\ \Omega$ 以不同方式密闭到容器中,通过观察 U 型管两侧液面高度差大小来反映电流热效应的大小.

质疑分析:本实验能够成功的关键在于选用的密闭容器不能太大、隔热性能要好,且完全相同的两个容器的密闭性能也一定要好,U 型管的密闭性能也是完好的.这样才可以利用气体的热胀冷缩的性质,在两个容器中气压差的作用下显示 U 型管两端的高度差.因此,密封电阻丝的两个容器千万不可有漏气现象,然而由于密闭容器的盖子是塑料或软橡胶材料,需要连接电阻丝两端接线头、U 型管两端插孔,导致盖子上的接线头与插孔较多.这样难免会导致密封性能不算完好,再加上 U 型管内液体如果存在气泡,会导致在实验前 U 型管两端的液面不相平.这样会导致实验误差变大,实验结果不精确.



(甲)电热与电阻的关系　(乙)电热与电流的关系　(丙)电热与通电时间的关系

图 2　电流热效应的影响因素

创新设计:为了减小实验误差对结果的影响,这里一方面选用容积相对较小的烧瓶、提高密闭性与隔热性,另一方面增大电阻丝 R_1 和 R_2 的阻值差值.其中提高容器的密闭性可以减小容器塞子(选用软橡胶塞子)上的插孔数量,尽量不选用 U 型管内液体的高度差来显示电流的热效应(防止液体内有气泡).为了减小热传递对实验结果的影响,可以在烧瓶外包裹一层厚度相同的棉布,以提高隔热性能;同时增大两个电阻丝阻值的差值,可以一个电阻丝选用铜丝,另一个选用镍铬合金丝(长度与横截面积相同).于是对本实验进行创新设计,用气球的膨胀程度代替 U 型管两侧液面的高度差,设计如图 3 所示的实物图.完全相同的烧瓶中密封两根电阻丝,其中 R_1 是铜丝,R_2 是镍铬合金丝,密封烧瓶的塞子选用软橡胶材料.在塞子上再插入一根呈 90°的软吸管,在吸管外端蒙上完全相同的气球(由于塞子、吸管与气球都是有一定的弹性,密封性能较好),再在电路中串联一个滑动变阻器.这样即可在提高密闭性能与增大电热差值(电阻丝 R_1 和 R_2 的阻值差值变大)的基础上,减小实验误差,探究出电流热效应的影响因素,从而精确完成实验.

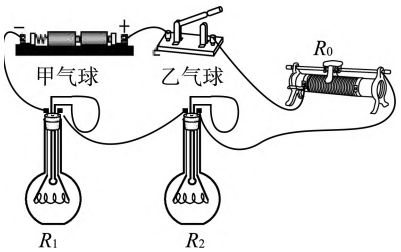


图 3　气球膨胀程度反应电流热效应

2.2　对问题解决型的实验方案设计的质疑创新

下面对以苏科版为代表的问题解决型的实验方案分析,如图 4(甲)所示,将电阻丝 $R=10\ \Omega$ 浸没在装有一定质量的液体(如煤油)中,通电后电阻丝产生的热量将会被液体吸收,这样液体的温度将会升高.为此,可以通过液体温度的升高来表示电流流过电阻丝产生热量的多少.这里的设计思想同人教版一样,也需要在电路中串联一个滑动变阻器,以使实验结论更科学、更普遍.

中国知网 https://www.cnki.net

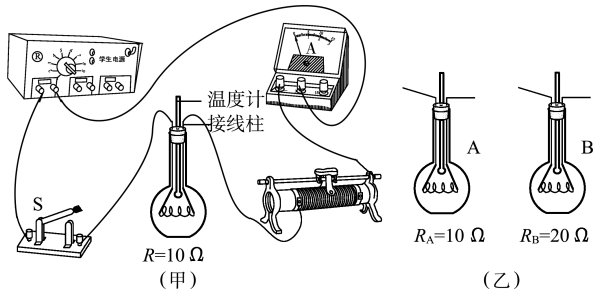


图 4　温度计示数反应电流热效应

原实验方案回顾:如图 4 所示,在控制变量法思想的指引下,将两个电阻丝 $R_A=10\ \Omega$、$R_B=20\ \Omega$分别密封到相同烧瓶并接入电路中,观察温度计示数上升高低以反映电流热效应的大小.

质疑分析:本实验设计的思想是非常好的,是需要通过电阻丝放热使液体的温度升高.这样温度计示数才会升高,然而电阻丝阻值差值大小、液体质量的多少、液体的种类等会影响温度计升高的快慢,同时两烧瓶中液体在吸收不同热量后温度不断升高,在温度升高时也会加快向空气散热(升高温度不同,散热多少也不同),导致液体温度升高没有想象中的快而准.这样导致实验产生的误差变大,对实验结果有很大影响.

创新设计:这种实验设计产生的误差主要来自于电阻丝阻值差值大小、液体温度升高的快慢、液体升温的同时向外散热多少引起的,归根到底是液体升温引起的温度变化来反映电阻丝产生热量的多少.为此,受逻辑思维型方案的影响,回避通过液体温度的升高反应电阻丝产生热量的多少.于是对本实验进行创新设计,如图 5 所示,将电阻丝(R_1 是铜丝,R_2 是镍铬合金丝)产生的热量多少转化为细玻璃管中液体(如煤油)上升的高度大小.具体设计思想是用电阻丝来加热密闭烧瓶中的空气,空气的温度升高,内能自然增大,密闭烧瓶中的空气气压也会增大(为了防止热传递对实验结果的影响,也可以在烧瓶外包裹相同厚度的棉布).这样在气压作用下液体会随着细玻璃管不断上升,因此,可以通过比较细玻璃管中液体上升的高度来比较电阻丝产生热量的多少.这样设计方案的优点:相比电阻丝产生热量使液体温度升高,再热传递使温度计示数上升,而增大气压使液体在细玻璃管中上升的高度更明显,再者软木塞更易控制气密性、细玻璃管中液体无气泡等.



图 5　气压使液柱上升反应电流热效应

特别提醒:由于本实验是控制变量法的典型应用,需要在每次实验中都要让细玻璃管中的液体回到原来位置.这样才能使研究结论更可靠、更普遍.

再次分析以苏科版为代表的问题解决型实验方案设计,创新设计如图 6 所示的电路,将两个阻值大小不等(需选择阻值差值较大)的电阻丝分别绕成线圈并固定到接线柱上,将其串联接入电路中,取两根火柴棒并分别插入电阻丝中的相同位置处,接通电路,通过观察火柴棒被点燃后的顺序判断电阻丝产生热量的大小,从而探究电流热效应的影响因素.

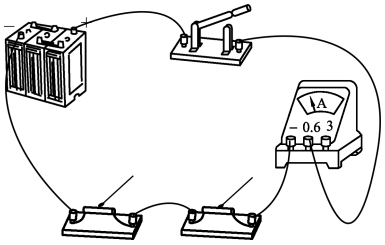


图 6　火柴棒被点燃顺序反应电流热效应

3　结束语

实验方案的设计作为实验教学的核心部分,对实验教学起到引领促进作用,在此过程中离不开对实验方案的质疑创新,在学生认知结构范围内大力培养质疑创新能力将深化对探究实验的理解,[6] 促进实验教学的深度发生,进而实现在实验方案设计中培养学生的质疑创新能力.

参考文献:

1　韩兴富.在杆秤改装密度秤中培养学生质疑创新能力——以密度秤设计缺陷为例[J].物理教师,2022,43(4):31－34,37.
2　沈伟云.基于质疑创新思维培养的初中物理教学[J].物理教师,2021,42(4):37－39.
3　张晓,彭前程.在物理教学中培养学生质疑创新能力的实践与思考[J].物理教学探讨,2022,40(4):73－77,80.
4　中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
5　贾火炬.指向深度学习下多版本教材中探究实验的整合教学——以“探究电流的热效应”为例[J].中学物理,2021,39(20):47－50.
6　俞国富,高中物理教学中培养质疑创新能力的策略[J].中学物理,2022,40(11):47－51.

(收稿日期:2024－03－12)

中国知网 https://www.cnki.net