

指向物理核心素养的分解式实验探究*

——以“串联电路中的电压规律”实验教学为例

谢立 申金娥 李静

(中国科学院附属实验学校 北京 100029)

黎莎

(中国传媒大学附属中学 北京 100024)

(收稿日期:2020-07-15)

摘要:初中物理所涉及的探究问题中,有些比较复杂,如果试图仅靠一个实验得出结论,则容易导致学生在探究过程中思维混乱、逻辑不清,最终牵强地得出结论.为了关注学生探究能力的发展、学科核心素养的培养,此时有必要将复杂问题有逻辑、有条理地分解成多个逐层递进的简单问题,以保证在探究逐步深入的过程中,每一步都是有着严密的逻辑和充足的证据.基于这种认识,以人教版“串联电路中的电压规律”为例,提出相应的实验教学改进建议.

关键词:问题分解 核心素养 串联电路 电压规律

1 问题的提出

对于探究实验而言,结论的可靠性很大程度上依赖于实验数据的可信度.一般而言,实验数据的可信度主要包括两个方面:一是数据采集的随机性,因为特殊的数据难以说明普遍的问题;二是数据组数的充分性,因为数据太少,难以避免实验结果的偶然性.因此,要得出一个相对可靠的实验结论,就需要依据多组普通的数据.具体办法就是:在测量过程中足够多次地、随机地改变自变量,并分别测量每次对应的因变量.以“探究串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”为例,从实验目的可以看出,本探究实验的自变量是“电源电压($U_{\text{电源}}$)”,因变量是“用电器两端电压”.因此,想要获得多组普通数据,就应该在测量过程中多次随机改变 $U_{\text{电源}}$ 这个自变量,并分别测量每次对应的“用电器两端电压”这个因变量.

然而,人民教育出版社九年级物理教材第60页的探究实验——“探究串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”列出的实验的操作步骤第4步却是“改变两个小灯泡的规格,重做上述实

验”^[1].这个步骤显然是为了提高实验结论的可靠性而进行多次实验.然而,这样做真的能保证实验结论的可靠性吗?笔者认为不能,原因至少有两点:

(1)只有两个用电器串联的电路是最简单的串联电路,其本身就有特殊性,如果得出某种结论,也只能说适用于两个用电器的串联电路,并无法保证适用于多个用电器的串联电路.因此,要把实验结论推广到“串联电路”的范畴,必须用含有不同个数用电器的串联电路做多次实验,通过不完全归纳法得出结论.

(2)就实验的目的来看,这个实验的自变量是 $U_{\text{电源}}$.如果仅让灯泡的规格改变,却不让 $U_{\text{电源}}$ 做任何改变,就算取得数据也不能探究出“串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”,顶多只能得到“串联电路中电源电压一定时,各用电器两端电压之间存在某种关系”.

综合来看,将只有两个用电器串联的实验结论草率地推广到所有的串联电路,属于证据不足;探究“串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”却不让 $U_{\text{电源}}$ 做任何改变,属于逻辑不清;试图通过一个实验完成这个相对复杂的探究问题,属于

* 北京市朝阳区教育科学“十三五”规划第二批课题“教师学科核心素养的认知水平及其对教学行为的影响研究——以初中物理为例”的研究成果,项目编号:1352YB141

条理不明.

基于以上讨论,我们不难发现,要想带领学生全方位地探究“串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”并得出“串联电路中各用电器两端电压之和等于电源电压”这一结论,就务必解决串联电路中用电器个数的问题以及实验数据的组数问题.但是,如果想在—个实验中同时解决这些问题,“眉毛胡子一把抓”,则必然会出现思维上的混乱.实验设计过程不严谨,最终得出的实验结论也是不科学的,不利于学生科学探究能力的发展和物理学科

核心素养的培养.

2 改进建议

如果探究问题相对复杂,不妨将它有条理地分解成逐层递进的多个简单问题,然后逐步予以解决,最终得出结论.以“串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”这一探究问题为例,可以将整个探究过程按照图1所示,分解成逐层递进的3个层次的问题,所用电路如图2所示.

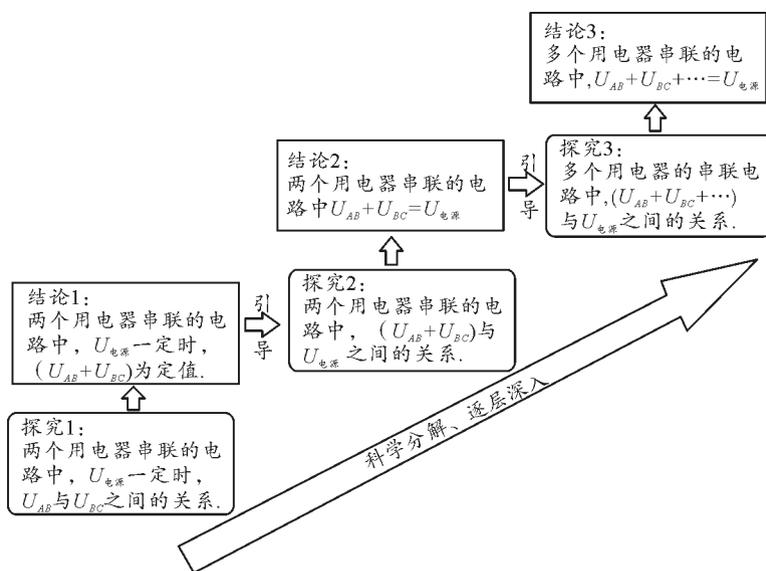


图1 “串联电路电压规律”的分解式实验探究

探究1:如图2所示,考虑两个用电器串联的情形,先探究这两个用电器两端电压之间的关系,即探究 U_{AB} 与 U_{BC} 之间的关系.

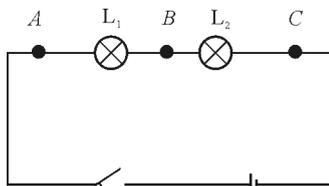


图2 两个用电器串联的电路

这个问题中,可以将 U_{BC} 视为自变量,将 U_{AB} 视为因变量(当然,也可以将 U_{AB} 视为自变量,将 U_{BC} 视为因变量).改变自变量的方式就是更换不同规格的灯泡,通过多次改变灯泡的规格,使 U_{BC} 发生改变,进而获得多组 (U_{BC}, U_{AB}) 数据.然后通过数据分析,得到 U_{AB} 与 U_{BC} 之间存在某种定量关系的结论,表达式为 $U_{AB} = U - U_{BC}$ (U 为定值).将该表达式变换形式,又可以得到 $U_{AB} + U_{BC} = U$ (U 为定值)的结

论,即“两个用电器串联的电路中,电源电压一定时,各用电器两端电压之和等于定值”.这一结论又对学生猜想 U 与 $U_{\text{电源}}$ 之间的关系具有明显的指引作用.

探究2:在探究1结论的引导下,探究“两个用电器串联的电路中,两用电器两端电压之和(U)与电源电压($U_{\text{电源}}$)之间的关系”.这个实验中, $U_{\text{电源}}$ 是自变量, U 是因变量.通过多次改变 $U_{\text{电源}}$ (考虑到干电池内阻的影响,这里建议使用学生电源),获得多组 $(U_{\text{电源}}, U)$ 数据,得到“ $U = U_{\text{电源}}$ ”这一结论,即“在两个用电器串联的电路中,两用电器两端电压之和等于电源电压”.

很明显,这个结论不能草率地推广到2个以上用电器串联的电路中.尽管如此,这个结论也能对后续的探究起到很大的导向作用,学生很容易能想到:如果串联电路中用电器个数增多,“ $U = U_{\text{电源}}$ ”这个结论是否仍然成立呢?这样就顺理成章地过渡到探究3.

探究3:探究“在多个用电器串联的电路中,各用电器两端电压之和(U)与电源电压($U_{\text{电源}}$)之间的关系”。在这个实验中,可以尝试将学生分成多组,每组串联电路中用电器的个数各不相同,最后将各组实验结果汇总,通过不完全归纳法得出“串联电路中各用电器两端电压之和等于电源电压”这一普遍结论。

至此,我们通过把一个复杂的物理探究问题有条理、有层次地分解成若干个逐层深入的简单探究问题,完成“串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”的探究。

3 几点讨论

3.1 改进的必要性

“探究串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”本身就不是一个简单问题,它涉及需要改变的量很多($U_{\text{电源}}$ 、用电器个数、灯泡规格)。此外,“串联电路”这4个字就不是一个狭隘的概念,两个用电器依次连接叫串联,3个或3个以上用电器依次连接也叫串联。光凭这一点,如果只通过用电器个数一定的串联电路来做实验,得到的结论就不能够简单地推广到“串联电路”的范畴。

正如本文“问题的提出”部分的分析,如果完全按照教材所提供的方式进行这部分内容的教学,则必然存在证据不足、逻辑不清、条理不明等三大问题,这些问题明显有悖于《义务教育物理课程标准(2011年版)》所明确提出的要求——“使学生在解决问题时,概念要分清楚,对象要弄明白,思维要有逻辑,步骤要有条理,说话要有证据。”^[2]如果教师在教学的过程中意识不到这一点、不对教材所提供的做法进行改进,那么这样的教学是不利于发展学生物理学科核心素养的。出于这种考虑,辩证地看待教材内容,并进行批判的思考以及建设性的改良是非常有必要的。

3.2 改进的理论依据

《普通高中物理课程标准(2017年版)》物理学科核心素养主要包括“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”4个方面^[3]。“探究串联电路中用电器两端电压与电源两端电压的关系”至少涉及了“科学思维”和“科学探究”两大方面。从落实

学生物理学科核心素养培养的角度来说,实验探究的过程是不容忽视的。关于实验过程的推进,《义务教育物理课程标准(2011年版)》在“实施建议”部分明确指出:“在科学探究中,教师不仅应关注让学生通过探究发现某些规律,而且应注重在探究过程中发展学生的探究能力,提高探索兴趣,增进对探究本质的理解,培养科学态度和科学精神。”^[2]具体到本文所讨论的这个探究实验,教师不应该仅关注“串联电路中各用电器两端电压之和等于电源电压”这一结论,同时应该立足于对学生探究逻辑的训练、证据意识的培养,密切关注探究的过程,在过程中发展学生的探究能力。如果只关注物理知识本身,在逻辑不严密、证据不充分的情况下,为了赶进度而草率得出结论,那么学生探索兴趣的培养、探究能力的培养甚至核心素养的培养也就无从谈起。

3.3 改进的实践依据

笔者对“串联电路中的电压规律”实验教学的改进,从实践的层面来讲,主要受启发于研究者们对“探究杠杆平衡条件”这个实验教学的改进。这个实验涉及到了动力(F_1)、动力臂(L_1)、阻力(F_2)和阻力臂(L_2)共4个变量,我们难以有条理地仅通过一个探究实验得出 $F_1L_1 = F_2L_2$ 。然而,人教版八年级下册物理教材第77页在实验步骤的第1步就直接提出:“给杠杆两端挂上不同数量的钩码,移动钩码的位置,使杠杆重新在水平位置平衡”^[4]。这里连自变量、因变量、控制变量是谁都没有搞清楚就急于在杠杆两端挂钩码,显然没有顾及探究实验的逻辑性和条理性。

鉴于此,秦晓文老师在其著作《探究照亮未来》一书中提供了一个改进的教学案例,该案例将原探究问题分解成两个层次的问题:层次1——首先控制4个变量中的两个,然后探究剩余两个变量的关系。比如控制 F_2 和 L_2 ,探究 F_1 与 L_1 的关系。这时,学生能够得出“ F_2 和 L_2 不变时, F_1 与 L_1 的乘积不变”,同时还将发现 F_1 与 L_1 的乘积与两个控制变量的乘积似乎是一样的。这样就指引着学生进行层次2的探究——探究 F_1L_1 与 F_2L_2 的关系,将两个乘积分别看成因变量、自变量,最终得出结论^[5]。这样做,就使得探究问题趋于有逻辑、有条理。如果八年级探究杠杆平衡条件是这样探究的,九年级探究串

联电路中电压规律是按照本文所建议的方式探究的,通过两项对比,学生就能够对复杂探究问题的层次化分解有更深入的认识.

3.4 改进之后面对考试的问题

目前大多数初中物理考试命题,在考查“串联电路电压规律”时,基本没有顾及上述问题,在考查实验结论的普遍性时,通常只是要求考生答出“改变两个小灯泡的规格,重做上述实验”即可.通过上述分析,我们已知这种考法在逻辑上是存在问题的.我们的教学如果改了,而考试没改,学生将如何面对考试?面对这个问题,我们需要先想清楚两个问题:

(1) 究竟是以考试来指挥教学,还是以基于学生自身发展的能力培养来指挥教学?

(2) 我们的考试命题是否永远一成不变?

问题(1)是一个教学理念格局的问题,“教书育人”的最终落脚点是人的发展,考试仅是发展过程中的一个检测、评价的方式.如果为了获得高分而迎合逻辑存在问题的考试试题,无异于削足适履,得不偿失.针对问题(2),笔者认为我们应该以一种发展的眼光看待考试的改革,在教育教学改革日益深入的当下,试题命制的科学性、逻辑性已经为越来越多的研究者们所关注,存在问题的命题思路一定能逐渐得到纠正.

4 小结

核心素养的落实是新时代教师所应该关注的基本问题.改进不利于学生核心素养培养的教学素材、转变不利于学生核心素养培养的教学理念,是落实学生核心素养培养的必要条件之一.基于这种考虑,本文以“串联电路中的电压规律”实验教学改进为例,通过分析教材、考试试题中出现的问题,针对性地提出了改进建议,阐述了“指向物理核心素养的分解式实验探究”这一主题,希望能对初中物理实验探究的教学以及试题命制产生一定的参考价值.

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.义务教育教科书物理九年级全一册[M].北京:人民教育出版社,2018
- 2 中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准(2011年版)[M].北京:北京师范大学出版社,2012
- 3 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[M].北京:人民教育出版社,2018
- 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.义务教育教科书物理八年级上册[M].北京:人民教育出版社,2018
- 5 秦晓文.探究照亮未来——物理教学中科学探究的理论与实践[M].北京:中国青年出版社,2017

Exploration on Decomposition Experiment Pointing to Physics Core Accomplishment —Take the Law of Voltage in Series Circuits as an Example

Xie Li Shen Jin'e Li Jing

(Experimental School Affiliated to Chinese Academy of Sciences, Beijing 10029)

Li Sha

(The High School Affiliated to Communication University of China, Beijing 100024)

Abstract: Some of scientific problems in middle school physics are too complex to be solved just by a single experiment which could result in illogical thinking and a far-fetched conclusion. In order to develop students' scientific inquiry abilities and physics key competence, it is necessary to decompose a complex problem into several simple problems systematically, which are interrelated and also gradually progressive. Thus, sufficient evidence and strict logic could be ensured in the whole process of inquiry. Here, we take "The Law of Voltage in Series Circuits" as a case to introduce the approach of decomposing complex scientific problems in middle school physics.

Key words: problem-decompose; key competence; series circuits; the law of voltage