

初中生对简单电路的错误前概念及其纠正的研究

郑思齐 朱艳梅

(东南大学儿童发展与学习科学教育部重点实验室 江苏 南京 210096)

(收稿日期:2019-01-30)

摘要:通过二段式测验,对初中生在解决简单电路问题过程中的实际认知情况进行调查和分析,研究学生认为影响灯泡亮度的主要因素及高频出现的错误前概念.在此基础上总结初中生认知结构中普遍存在的关于简单电路的典型错误前概念,为教师促进学生实现概念转变提供一些具有针对性的参考建议.

关键词:初中生 简单电路 错误前概念 概念转变

1 引言

电学知识是初中物理学习的重难点,其中简单电路是电学的一个重要组成部分,也是历年中考的重点考察内容.准确理解简单电路概念将为后续物理课程的学习提供必要的基础.教学实践与研究表明,学生在进行系统的电学学习之前,他们已经在某些日常生活经验的基础上形成了自己对电学概念的理解,即前概念.前概念是前科学概念的简称,它是指个体在没有接受正式的科学概念教育之前,对日常生活中所感知的现象,通过长期的经验积累与辨别式学习而形成的对事物的非本质的认识^[1].有些前概念是正确的,有些则是片面的,甚至是完全与科学概念相违背的.本研究中,我们将与科学概念相违背的前概念定义为错误前概念.

国外对电学前概念的研究起步较早、水平较高.研究内容主要涉及电学概念的理解、电学概念的思维模型和概念转变方法等方面.Harcharan Pardhan(2001)研究发现,成人和学生都存在着电学前概念.各级科学教师也不例外,他们存在与学生相似的前概念.此项研究还发现,很多人能用口头语言准确地表达电学概念,但在应用概念时存在困难.究其原因,是没有真正理解电学概念的含义和物理

思想^[2].该情况表明,学生在考试中取得优异成绩也不足以证明其真正理解了科学概念.前人研究也揭示了中学生在电学学习中存在的困难及可能原因,例如,David Shipstone(2002)研究认为,电路教学中所使用的灯泡可能会导致学生在建立电路概念时出现困难^[3];Laurent Liegeois(2002)研究发现,在 $U=IR$ 的关系式中理解电阻的含义,学生很难真正掌握电阻概念.当需要同时考虑电阻、电流和电压三者之间关系时,中学生常感到困难^[4].

国内对电学前概念的研究起步较晚,且主要在国外研究基础上进行.集中在简单电路方面的研究很少,主要分为以下3个方面:一是对学生存在潜在错误概念的现状调查;二是对中学生电学教学的研究;三是对学生电学前概念转变策略的研究.通过国内文献综述,本研究发现,以学生解决实际问题的方式来调查学生电学前概念的研究相对较少.大部分研究仅调查出学生存在某类错误前概念,但并未深入研究其具体分布.

本研究针对我国初中生对简单电路中电学概念的认知情况进行了调查研究.旨在以解决实际问题的方式调查学生存在的错误前概念.我们对结果进行了深入分析,得出了初中生高频呈现的错误前概念.前人总结出的相关错误前概念,本研究也对其是

作者简介:郑思齐(1993-),女,在读硕士研究生,研究方向为教育科学心理与行为评测.

通讯作者:朱艳梅(1977-),女,讲师,研究方向为神经教育学.

否会随着时代发展而产生变化进行了验证。

2 研究设计

本研究在文献[2]、[3]研究基础上,根据一线

教师教学经验和专家意见,结合二段式测验兼具访谈和测验的优点,编制二段式调查问卷.问卷共9题,用于初中生对简单电路实际认知情况的调查,如表1所示.

表1 知识目标及题目分布表

问卷测试知识目标	对应题号
电流:考察电流方向、电流速度以及经过灯泡前后电流大小	1,2,4,5,9
电池:考察是否了解电池的正负极,电池提供电压	3,5,9
短路:考察电源短路与灯泡短路情况	6,7
断路:考察是否了解断路状态下的电流特点	6,8
通路:考察怎样才能使灯泡亮起来	1,6,7

注:本调查问卷针对电路知识进行学前测试,不涉及对电阻内容的考察.

本研究以江苏省太仓市某中学学生为调查对象.因简单电路在初三上学期学习,故在初一初二中各随机抽取2个班级共192名学生进行测试.回收问卷157份,问卷有效率为81.77%.

3 结果与分析

3.1 简单电路中影响灯泡亮度因素的错误前概念

本研究主要评测在解决实际问题过程中,初中生如何调用他们已有的错误前概念.我们通过学生选择的答案以及给出的具体解释,来分析在学生现有概念中灯泡亮度和哪些因素有关,以及学生呈现出的错误前概念.

对学生的答案及解释进行归纳,总结出简单电路中灯泡亮度的影响因素.如表2所示,有电流、电

压、电路状态、灯泡规格等.由表2可知,电流部分呈现出错误前概念的频次相对较高,占概念出现总频次的61.50%.电池提供电压,有电压才能产生电流.但在157名学生中仅有2名学生明确提出电压的概念.很多学生都认为电池越多灯泡亮度越亮,但绝大多数学生并不理解电压与电流的关系.研究发现,学生在电路状态上所持认知的错误率也相对较高.从电学角度来说,灯泡规格相同是指灯泡的额定功率相同.部分学生对灯泡规格这一因素进行了思考,但他们并不理解其具体内涵.学生几乎都是通过推理得出答案,这与相风华等人的研究结论相似.相风华等人研究发现,初中生在解决简单电路问题的过程中明显存在局部推理现象^[4].

表2 简单电路中影响灯泡亮度因素的错误前概念

影响因素	$\frac{\text{涉及该因素的错误前概念出现频次}}{\text{所有概念出现总频次}}/\%$
电流	61.50
电池(电压)	25.05
电路状态	30.76
灯泡规格	3.33

注:该表中涉及电流和电压的错误前概念有部分重合.

3.2 简单电路中错误前概念的具体分布

由表2可知,初中生在电流、电压和电路状态这3个电学领域中呈现出高频率的错误前概念.为了

更明确该领域错误前概念的分布情况,本研究对所得数据进行了深入分析,得到高频率错误前概念具体分布表,如表3所示.

表3 高频率错误前概念具体分布表

错误前概念所属电学领域	具体内容	涉及该内容的错误前概念出现频次/错误前概念总频次/%
电流	电流方向	12.30
	电流大小	32.33
	电流速度	7.78
电压	电压大小(电池数量)	18.64
	电池距离灯泡远近	2.71
电路状态	短路	18.46
	断路	2.53
	通路	5.25

由表3可知,在电流概念中,在电流方向上错误前概念呈现频率为12.30%。其中有55.39%的初中生认为“电流从电池的正负极同时发出,在灯泡处相碰”,学生持有的这一观点符合Harcharan Pardhan(2001)研究得出的电流“碰撞模型”^[1]。在电流大小上错误前概念出现频率高达32.33%。进一步分析发现,其中51.68%学生将电池作为恒流源,他们认为电池将电流均等分配给电路中的灯泡。这一研究结果和潘江洪(2002)等人研究结论相同,中学生持有“恒定电流源”模型^[5];32.84%学生认为导线会消耗电流,导线越长,电流消耗越多,如果串联电路中不止一个灯泡,电流流经第一个灯泡后会被消耗,流到下一个灯泡的电流会减弱。相风华等人研究发现,这一概念在国内外学生中普遍存在^[4]。在电流速度上,学生认为在串联电路中灯泡亮起来有先后顺序,部分学生选择串联电路中两个灯泡同时亮,却解释道:“电流速度非常快,和光速一样快,快到人眼没法区分哪个灯泡先亮,所以两个灯泡一起亮。”由此可知,学生们在日常测试中选了正确答

案得到了分数,但这可能并不等于学生真正理解和掌握了科学概念。

表3显示,在电压概念中,电压大小上错误前概念出现频率为18.64%。初中生认为电池越多,电池提供的电荷量(或电力)越多,电流就越大,则灯泡越亮。从学生表述中发现,他们在系统学习前对电学知识有初步了解。学生知道电流、电压、电荷量、电力等概念名称,但并不理解概念的具体内涵,对这些概念并无准确认知。这一结果在朱喜香(2005)的研究中也有提及^[6]。

表3表明,电路的3种状态中,在短路上错误前概念出现频率为18.46%,所占比重相对于其他两种状态较高。绝大部分学生认为,短路时该灯泡仍亮,或在串联电路中一个灯泡短路,其他灯泡均不亮。

3.3 初中生简单电路中典型错误前概念

研究发现,初中生在进行系统的电学学习前,在生活中已经获得了一些电学概念,但他们对这些概念没有准确理解,并形成了一些错误认知,比较典型的错误前概念如表4所示。

表4 初中生简单电路中典型错误前概念汇总表

序号	具体内容
典型错误前概念1	电流从电池的正负极同时发出(碰撞模型)
典型错误前概念2	灯泡和电池之间连接导线的长度影响流到灯泡的电流大小(电流消耗模型)
典型错误前概念3	串联电路中灯泡亮起来是有先后顺序的
典型错误前概念4	电流流经第一个灯泡后会减弱(电流消耗模型)
典型错误前概念5	将电池作为恒流源,电池将电流均等的分配给灯泡
典型错误前概念6	短路时该灯泡仍亮,或在串联电路中一个灯泡短路,其他灯泡均不亮

表4呈现出的典型错误前概念,与国内外前人研究结论具有相同之处.这表明,简单电路中的错误前概念依然普遍存在于当代初中生群体中.例如:在电流方向上,绝大多数学生持有 Harcharan Pardhan (2001) 研究得出的“碰撞模型”;学生持有的典型错误前概念2和4,即“电流消耗模型”,与窦铁洋(2001)等人所得研究结果相同^[7];本研究得出的典型错误前概念5和孟秀兰等人(2000)研究结论一致,孟秀兰等人研究发现,中美两国高中生都认为理想电源提供的电流是恒定的,不管在电路中连接几个灯泡以及如何连接这些灯泡^[8].

本研究在考察“学生是否了解断路状态下的电流特点”时发现,仅有26.75%的学生认为“电流流到断开处停下来”,研究结果和王书元(2013)所得结果不同.王书元研究发现,有70%多的初中生在学前持有该错误前概念^[2].针对这一变化,本研究对部分学生进行了访谈,得知学生主要从科普读物和科普活动中获得相关认识.随着科技发展和国家对公民科学素养的重视,科普读物和活动的增加影响了学生的认知活动,从而使他们的认知结构发生了相应变化.

综上所述,经研究发现,初中生在解决简单电路实际问题的过程中,将电流、电池、电路状态和灯泡规格归结为影响灯泡亮度的主要因素.在电流概念上呈现错误前概念的频率相对较高,在电流大小、电压大小和短路3个方面的错误前概念出现频率较高.与此同时,学生在进行系统的电学学习之前,其认知结构中已经存在了一些关于简单电路比较典型的错误前概念,前人研究得出的错误前概念在当代学生群体中依然普遍存在.

4 教学建议

由研究结果可知,我国初中生在解决简单电路问题的过程中普遍存在一些错误前概念.教师需要识别学生已有前概念,通过实际教学尽可能地帮助学生实现概念转变,由错误前概念向科学概念转变.

教育心理学研究表明:要实现错误前概念的转变,就要对学生原有认知结构进行改造和重组,是认知发展进行同化与顺应的过程.同化是指学生把外在的信息纳入到已有认知结构,以丰富和加强已有的思想倾向和行为模式.顺应是指学生已有的认知结构与新的外在信息产生冲突,引发原有认知结构发生调整 and 变化,从而建立新的认知结构^[9].根据研究结果和教育心理学理论,本研究提出如下建议,供教师们参考.

4.1 教师要主动了解学生已有前概念

由研究结果可知,在进行系统的电学学习之前,学生认知结构中已经存在某些前概念.如果教师在物理教学中忽视了这些前概念,“两张皮现象”极易出现:学生看似理解了物理概念,但原有错误认知依然存在,同化和顺应过程并未真正发生,其认知结构也未发生改变.因此,教师在正式教学之前了解学生已有前概念,可以更好地确定教学起点.了解学生现有认知结构,教师教学便能更有针对性.教师了解学生前概念的方法有很多,例如,通过查阅文献,寻找相关量表或问卷,在正式教学之前对学生进行测试和分析;通过设计访谈提纲,在教学前对学生进行抽样访谈,记录并分析;通过课堂提问,让学生自由讨论和发言,从而了解学生已有前概念.

4.2 通过引发认知冲突实现概念转变

情境教学是指通过生动形象的情境激起学生学习情绪的一种教学方法.电学内容比较抽象,很多学生在进行知识理解和建构过程中容易出现困难.教师选择适当的实验和事例,创设物理情境.不仅可以激发学生的学习动机,使学生获得感性认识,还能够激活学生已有认知,引发认知冲突,加速学生认知发展中顺应过程的发生,从而实现概念转变.针对电学教学,教师可以充分利用多媒体教学设备和物理实验室等教学资源,通过恰当形象的类比、探究性物理实验等方法创设物理情境.例如,通过对灯泡内部结构照片进行细节放大,引导学生仔细观察,获得准确认知;综合考虑类比对象的选择,选用水流类比电流

时需要考虑,是否会造成“电流消耗”错误认知;通过探究性实验,进行串联电路电流特点教学.通过物理情境,学生产生认知冲突,并促使他们对前概念做出调整和改造,从而建构科学概念.

4.3 通过合作学习实现概念转变

学生常以自己的经验为背景对事物进行认知和理解,只能对事物特征获得部分认识,很难形成正确而全面的认知.而合作学习是在一定情境下,利用人与人之间的协作交流进行相互沟通,从而促进自身知识经验建构的一种学习方式.石志敏等人(2010)研究发现,粗略观察和对局部事实的概括是导致错误前概念的原因之一^[9].

因此,教师在教学过程中要引导学生运用科学思维进行讨论和交流.通过不同观点的碰撞,每个学生的认知获得补充、修正和加深,加速学生认知发展中同化和顺应过程的发生,从而促进概念转变,建构科学概念.例如,在“灯泡亮度的影响因素”问题上,学生们持有并都坚持自己的观点.就该问题开展讨论,在彼此观点的交流和争论中,学生便会发现自己观点的不妥之处,从而愿意寻求更合理的解释.

参考文献

- 1 赵强,刘炳升.建构与前概念.物理教师,2001(07):3~4,9
- 2 王书元.初中简单电路前概念转变的教学策略研究:[硕士学位论文].苏州:苏州大学,2013,24~37
- 3 翟冰茹.基于概念转变策略的电流教学实践研究:[硕士学位论文].桂林:广西师范大学,2015,13~20
- 4 相风华,郭玉英,张继县,等.关于我国初中生对简单电路认知情况的调查.课程·教材·教法,2002(09):48~52
- 5 潘江洪.初中生电学前概念研究初探.物理教学探讨:中教版,2002(08):9~10,4
- 6 朱喜香.中学生电学概念理解策略的个案研究:[硕士学位论文].桂林:广西师范大学,2005,14~15
- 7 窦铁洋,袁媛等.中学生关于“电”的前概念的调查报告.物理教学探讨,2001,19(11):9~11
- 8 孟秀兰,鲁增贤.中美高中生相异构想(电路部分)之比较研究.河北师范大学学报(教育科学版),2000(03):105~108
- 9 石志敏,卢慕雅,徐力.串联电路电流规律的前概念转变措施.中国教育技术装备,2010(15):65~66

Research on the Pre-misconception about Simple Circuits and Its Correction for Junior Middle School Students

Zheng Siqi Zhu Yanmei

(Key Laboratory of Child Development and Learning Science Southeast University, Ministry of Education, Nanjing, Jiangsu 210096)

Abstract: Through the two-tier diagnostic test, the actual cognitive situation of the junior middle school students when solving the simple circuit problems was tested and analyzed. We investigated the main factors which would influence the brightness of the bulb in the students' opinions, as well as the pre-misconceptions appeared frequently. Based on these results, the common pre-misconceptions about simple circuits in the cognitive structure of junior middle school students were summarized. We also provided the suggestions for teachers to promote students to achieve conceptual change.

Key words: junior middle school students; simple circuit; pre-misconception; conceptual change