

基于教材对比分析的焦耳定律实验教学改进

蒋炜波 王 宏

(清华大学附属中学 北京 100084)

(收稿日期:2020-03-23)

摘 要:焦耳定律是初中物理非常重要的产热定律,不过教师和学生一直都很困惑,为什么研究电热的影响因素时不考虑电压,而只是探究电热与电流、电阻和通电时间的关系?本文对比了人教版和北师大版两套初中物理教材对焦耳定律实验的处理,并在教学实践的基础上提出了对焦耳定律实验的教学改进,以期解决教师 and 学生的困惑.

关键词:焦耳定律 物理教材 实验

电热的影响因素实验,即焦耳定律实验,在初中物理中一直是教师教学的重点,也是学生学习的难点,当前关于焦耳定律的研究主要集中在改进实验装置和实验过程上,比如将电阻丝直接缠绕在温度计的玻璃泡上进行实验^[1]、将焦耳定律的教师演示实验转化成学生分组探究实验^[2]、利用 DIS 数字实验帮助实现产热的定量研究^[3]等等.这些研究并

没有解决学生在实验中的根本困惑,即为什么只研究电热与电流、电阻和通电时间的关系而不研究与电压的关系?笔者仔细对比分析了人教版和北师大版两套初中物理教材对焦耳定律实验的处理,在实践的基础上提出了对焦耳定律实验的教学改进.

本文从两套教材焦耳定律实验对比出发,介绍了我们对焦耳定律实验教学的改进,并从深层上解

心在虚拟仿真实验建设期间,多次派出任课教师参加高等学校虚拟现实技术应用研讨会,学习虚拟仿真实验开展的经验.任课教师在深刻了解虚拟教学意义的同时,更新教学理念,重组教学内容,在做中学、建中改、不断调整教学方法.为了切实提升实验教学质量,实验中心在持续虚拟教学改革时,要结合实验室建设,对课程设置、培养方案设计有整体的把握,合理地制定计划,一步一步分期建设,做到边建设边使用,边使用边完善.

3 结束语

开展虚拟仿真实验教学的最终目的不是为了使用仿真实验平台,也不是为了翻新教学活动,而是打破封闭的教学局面,建立一种师生合作的开放式教学体系,培养更多适应社会需要的应用型人才.

在疫情影响的今天,高校延期开学,大学物理实验面临着如何进行线上教学的困境.为响应教育部

号召,停课不停学、不停教,虚拟仿真实验教学改革给各所高校提供了思路.东北大学物理实验教学中心,为学生打造了“MOOC 看实验+虚拟仿真实验+在家动手做实验”的全新在线教学模式.我校物理实验中心也将借鉴多所高校的经验,利用虚拟仿真实验平台,积极开展线上实验教学,不断地完善和发展实验教学改革.

参 考 文 献

- 1 孙建林,负冰,姜伟.实验教学示范中心与虚拟仿真实验教学中心相互融合协同发展[J].实验技术与管理,2016,33(09):208~210
- 2 张姗姗,信海辉,谭克俊,等.基于三学期教学改革的多模式虚拟仿真实验平台的构建[J].教育教学论坛,2020(11):391~392
- 3 李宁,杨坤,史芹.大学物理虚拟仿真实验开放式教学初步探索与实践[J].教育现代化,2016,3(40):118~119
- 4 王旗,朱盼盼.物理虚拟仿真实验教学中心建设与实践[J].大学物理实验,2018(04):121~123

答了为什么要进行焦耳定律实验的某些疑问。

1 两套教材焦耳定律实验的对比

焦耳定律研究的是电热的影响因素,该实验在初中阶段有着极为重要的位置,在教学中要求学生通过实验,得到电阻产热与电流大小、电阻大小以及通电时间之间的定性关系。我们以人教版和北师大版两套初中物理教材来对比分析教材对焦耳定律实验的处理。

(1) 实验的引入

我们为什么要研究电热的影响因素呢?两套教材的处理都采用了相同的处理方式。人教版教材通过电炉丝热得发红而连接电炉丝的导线几乎不发热的现象,引入对电热影响因素的研究。北师大版教材也采用了这样的处理方式,但是相比人教版教材而言,在电热的影响因素上引入的更加充分,分别在电流、电阻和通电时间上对学生设问从而引入实验探究。

(2) 实验的类型

两套教材最终都是研究电热与电流、电阻和通电时间的定性关系,并不要求学生进行定量的实验,这主要是由于目前的定量实验很难保证实验的精度。但是在具体的实验要求上两套教材差异非常大。

人教版教材中电热影响因素的实验是以教师演示实验的形式呈现的,学生通过观察比较实验变量改变后的产热多少,从而得到定性的结果。北师大版教材中电热影响因素的实验是以学生探究实验的形式呈现的,要求学生完整经历科学探究的基本过程,通过数据的具体分析得到实验的结果。相比较而言,北师大版教材中焦耳定律实验的定位更高,地位更重,科学探究的意味更浓。

(3) 变量因素的确定

焦耳定律实验中研究的自变量因素是电流大小、电阻大小和通电时间,因变量是产热多少,这一点在两套物理教材中都是一致的。而不同的地方在于对自变量的具体确定。

人教版教材对于自变量的选择确定没有任何的猜想环节,也没有进行任何的案例分析和引导提示,

而是直接通过演示实验研究了电热与电流和电阻的关系,从而得到结论。

北师大版教材在变量的确定方面下的功夫较多,首先通过 3 个设问引发学生的猜想,引导学生将自变量确定为电流、电阻和通电时间,然后再进行实验探究搜集证据验证猜想。

相比较而言,北师大版教材由于对实验的定位是学生探究实验,因此各个探究环节设计很到位,在变量确定环节严格按照实验探究的要求给学生创设了物理情境,比如电热水壶能把水烧开而导线基本不发热、电热水壶把水烧开需要一定的时间等等,让学生从情境中去分析抽象出电热的可能的影响因素。

(4) 实验的装置

电热的影响因素实验的进行,关键在于如何比较出产热的多少,需要特别设计出相应的实验装置,这一点上两套教材的处理有所不同。

人教版教材是通过电热丝加热密闭容器中的空气,然后以 U 形管中液面的高度差来反映产热的多少,进而研究电阻产热的影响因素,如图 1 所示。北师大版教材是通过电热丝加热煤油,然后以煤油的温度变化来反映产热多少,进而研究电阻产热的影响因素,如图 2 所示。

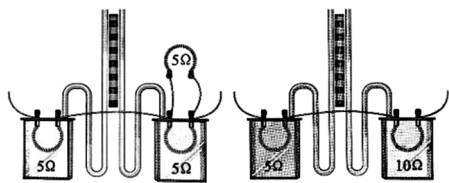


图 1 人教版物理教材焦耳定律实验

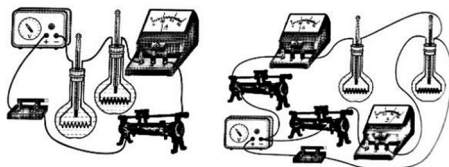


图 2 北师大版物理教材焦耳定律实验

这两种方式笔者在实践中都使用过,人教版教材的装置使用更加灵敏简洁,加热时间不需要很长,U 形管液面的高度变化也非常明显。北师大版教材的装置加热时间较长,受热容易不均匀,温度计读数

不如 U 形管液面变化来得明显直接,但是其电流的调节比人教版教材更加方便,而且该装置与比热容实验的关联性很强,有利于学生前后知识的衔接.整体上两种装置的实验设计都能够达到定性研究的实验要求.

(5) 需要的操作

由于两套教材对实验的定位不同,因此实验中要求学生进行的操作也不相同.人教版教材要求学生更多的是直接观察实验现象分析实验结果.北师大版教材则要求学生猜想自变量因素、控制变量、连接电路、设计表格、分析数据得出结论等等,对学生实验能力的培养更加充分,对学生的实验技能要求也更高.

(6) 实验的结论

人教版教材的一大特点是阅读性强,学生按照教材所写完成阅读即可得到所需要学习的知识,而北师大版教材在这一点上与人教版恰好相反.北师大版教材留给了学生很多自主余地和思考空间,学生只是通过阅读并不能找到所有的答案,调动学生的思维能力和动手能力是该教材的一个鲜明特点.因此在实验探究的结论部分,北师大版教材需要学生自己总结归纳才能得到,即如果学生没有真正进行实验探究而只是阅读教材,是得不到实验结果的.

(7) 教材对比小结

两套教材的对比差异简要总结如表 1 所示,可见二者都有自己的特点,但整体上讲人教版教材对于焦耳定律实验的定位有些偏弱,演示实验的设定虽然能够充分发挥出空气盒子和 U 形管装置的时效性优势,但是也无疑错失了对学生的实验探究能力的培养.

除此以外,两套教材存在的共同问题都是关于电热影响因素的确定.人教版教材在这部分没有进行任何讨论,直接进行实验演示.而北师大版教材虽然创设了情境引导学生猜想出了电流、电阻和通电时间 3 个因素,但是并没有解释为什么不将电压也列入影响因素,处理得不够充分细致.正是因为如此,学生的焦耳定律实验一直都存在认知困难,基于此,笔者从学生的认知困难出发,在教学中做了一些

切实有效的实践改进,具体如下.

表 1 两套教材的焦耳定律实验对比

内容	人教版教材	北师大版教材
实验引入	生活情景引入	生活情景引入
实验类型	定性演示实验	定性探究实验
变量确定	不需要学生确定	提供情景,学生猜想
实验装置	加热空气,U 形管液面比较产热	加热液体,温度计示数比较产热
学生操作	观察现象得出结论	猜想、设计、搜集证据、分析
可读性	强,有直接的结论	弱,没有呈现直接的结论
自主性	弱,不做实验也能有结果	强,必须做实验后才能得结果

2 焦耳定律实验教学的改进

(1) 学生的认识困惑

焦耳定律的学习给学生造成的认识困惑主要有以下几点.

首先是欧姆定律的适用性问题.在焦耳定律出现以前,学生的学习不需要面临欧姆定律的适用性问题,但是在学习了电热以后,学生需要认识到计算电功普适的是

$$W=UIt$$

只有对那些只产热的元件才能够使用欧姆定律

$$I=\frac{U}{R}$$

进而得到电功的另外两个计算公式

$$W=I^2Rt$$

和

$$W=\frac{U^2t}{R}$$

而在计算电热的时候普适的公式是

$$Q=I^2Rt$$

只有对那些只产热的元件才能够使用欧姆定律

$$I=\frac{U}{R}$$

进而得到电热的另外两个计算公式

$$Q=UIt$$

和

$$Q=\frac{U^2t}{R}$$

然后是电热与电功的关系问题. 学生在认识电功和电热的差异上有很大的困难, 原因在于对电功和电热的概念理解上. 电功即为电流所做的功, 电流做功将电能转化为其他形式的能, 包括机械能、电热、光能等等, 因此从数值上看, 电功一定大于或等于电热, 而且只有在纯电阻元件中电功才等于电热, 此时欧姆定律方能够使用.

最后是焦耳定律的实验探究过程, 这一点是造成学生前面两点困惑的直接原因. 既然已经有了电功的概念, 我们直接利用电功的计算公式计算电热有何不可呢? 为什么还要研究电阻的产热因素呢? 即使需要进行实验研究, 为什么自变量因素会选择为电流、电阻和通电时间, 而不选择电压呢? 笔者在实践中发现这种认识困惑会一直伴随着学生的初中物理学习.

(2) 教学实践改进

通过上述分析可以发现, 造成学生困惑的根本原因是电功和电热之间的关系, 造成学生困惑的直接环节是确定焦耳定律探究实验的自变量, 前者涉及到为什么进行焦耳定律实验探究, 后者涉及到如何进行焦耳定律实验探究.

基于此, 笔者在教学中进行了实践尝试, 在学习电热概念的环节和猜想电热影响因素的环节之间, 引入讨论能否利用电功的公式计算电热的环节.

笔者在该环节利用实验直接向学生呈现了电流通过两个元件做功相同但是电热却不不同的情景, 这样帮助学生认识到电热只是电流做功转化的一种能量形式, 即电功应该是大于或等于电热的. 然后再结合电动机的真实案例, 带领学生分析推导可能的电热计算公式, 从而得到电热的影响因素只能是电流、电阻和通电时间.

(3) 具体实践过程

在核心素养理念下, 物理实验的设计要指向学生的科学思维^[4], 直面学生思维层面的困惑. 因此笔者首先利用人教版教材的实验装置设计了一个新的演示实验, 该实验的核心目标是呈现电压、电流和通电时间都相同的两个元件, 产生的电热却不同. 为达到此目的, 笔者将 LED 灯珠内置入空气盒子中, 选

用的 LED 灯珠的额定功率为 1 W, 额定电压为 3 V. 为了保证 LED 灯珠所在支路的电流与电阻所在支路的电流相同, 笔者反复实验以后, 最终将两个相同的该规格的 LED 灯珠并联以后内置入空气盒, 如图 3 所示.

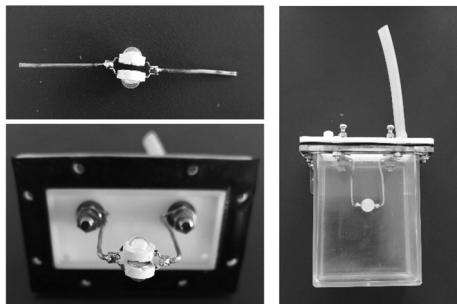


图 3 LED 灯珠内置入空气盒

然后将内置 LED 灯珠的空气盒与电阻丝空气盒并联, 如图 4 所示, 电阻丝的电阻实际测量值约为 $11\ \Omega$. 调节它们两端的电压, 当电压为 3 V 的时候, 电流表测得此时通过两个空气盒得电流大小相等, 均约为 0.28 A, 实验如图 5 所示.

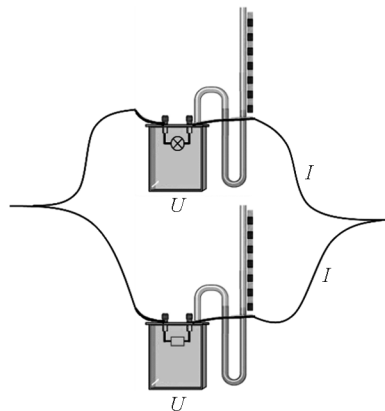
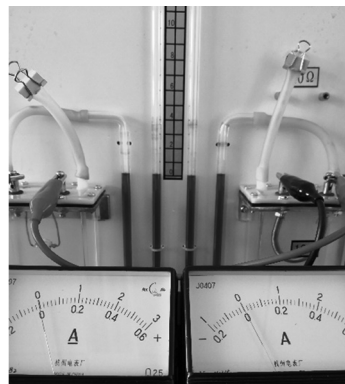
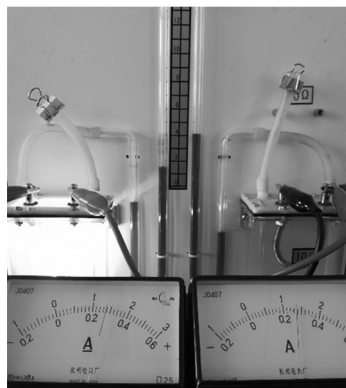


图 4 LED 灯珠与电阻丝并联



(a)接通电源前



(b)接通电源后

图 5 接通电源前、后的实验现象

此时 LED 灯珠将电能转化为光和热,而电热丝只将电能转化为热,因此相同时间内,二者虽然消耗的电功 $W = UIt$ 相同,但是产生的电热 Q 却不同,这一差异可以通过 U 形管左右液面的高度差进行观察.于是通过实验直接证明了在电能向多种形式的能的转化情境中,电热 Q 小于电功 W .

然后再对一个小电动机通电并正常工作 10 s,用电流表和电压表测量出此时通过电动机的电流 0.8 A 和电动机两端的电压 3.4 V,并给出在电动机不工作时利用万用表测量出的电阻阻值约为 0.2 Ω . 笔者带领学生分析此时的能量转化,即电能转化为机械能和电热,而电功 $W = UIt = 27.2$ J,那么电热会是多少呢? 此时学生总会自然地将欧姆定律代入电功公式,于是会出现两种电热的计算结果,即

$$Q = I^2 R t = 1.28 \text{ J}$$

和

$$Q' = \frac{U^2 t}{R} = 578 \text{ J}$$

因为电热一定小于电功,于是学生猜想电热应该能用 $Q = I^2 R t$ 计算.这样就自然地引导学生得到了电热可能的影响因素:电流大小、电阻大小和通电时间.

(4) 教学实践小结

通过这样的实践过程,学生明确了电功与电热之间的关系,加深了学生对于电流做功所带来的能量转化的认识,从深层次上解答了我们为什么要进行焦耳定律实验.与此同时,选用 LED 灯珠、电动机这样贴近学生生活的电学元件,并利用电功的计算公式让学生在实践上去区分电热与电功,让学生在

还没有学习焦耳定律公式的时候,也能够猜想到电热有可能通过 $Q = I^2 R t$ 来求解,从而解决了焦耳定律实验探究的自变量因素的确定困惑.这一教学实践准确地达成了既定的教学目标.

3 结束语

在不同版本的教材中,焦耳定律的实验处理虽然有所不同,但其作为电流热效应的重要规律的地位始终不变.焦耳定律本质上描述了电能与电热的转化,从能量转化的角度出发,教学引入环节应当出现电功并不等于电热的案例,让学生认识到研究电流产热的必要性.从而自然地引出这节课的主要问题:电热与什么因素有关? 又该如何计算电热?

同时,焦耳定律实验探究要充分考虑到学生的已有认知.当学生通过教学引入的实验案例意识到不能直接使用 $W = UIt$ 计算电热以后,那么自然就想到了该如何确定电热的影响因素了.此时通过对电动机的真实情境的电功计算,充分利用学生的前认知,辨析

$$Q = I^2 R t$$

和

$$Q' = \frac{U^2 t}{R}$$

计算电热的可能性,然后通过电热小于电功从而让学生自己找到电热可能的影响因素.这样的处理既解决了电热因素确定的问题,还潜移默化地带领学生进行了电功计算公式和电热计算公式的区分,从而真正达到减小学生学习障碍的目的.

参考文献

- 1 梁晓芳. 焦耳定律实验的改进[J]. 实验教学与仪器, 2018, 35(05): 31 ~ 32
- 2 洪磊. 焦耳定律实验教学的改进——从演示到分组的教学尝试[J]. 实验教学与仪器, 2019, 36(Z1): 41 ~ 43
- 3 杨桦, 王宏. DIS 实验在探究电流的热效应实验中的应用[J]. 物理教学探讨, 2015, 33(07): 34 ~ 35, 49
- 4 蒋炜波, 王宏. 物理实验的设计如何指向学生科学思维的培养[J]. 物理教学, 2019, 41(12): 10 ~ 12, 9