

大学物理理论 + 应用 + 前沿科技的教学模式探讨*

——以电容器为例

龙春红 罗小兵 马艺荣 丁光前 刘俊

(重庆邮电大学理学院 重庆 400065)

(收稿日期:2022-06-17)

摘要:当今世界科技发展日新月异,我国创新型人才的培养至关重要.传统大学物理教学模式已经难以适应新时代的要求,新模式的探索刻不容缓.梳理了大学物理理论教学中教与学存在的问题,提出了“理论+应用+前沿科技”的教学新模式.以电容器为例,从基本原理着手,逐渐拓展到其应用场景和目前科学研究的前沿课题.这一教学模式在教授基础知识的同时,使大家懂得了如何将知识变现,指引学生们在科学前沿做出新的创新性工作.

关键词:大学物理;教学与实践;新教学模式;超级电容器

1 引言

物理学作为研究物质基本结构、运动形式、相互作用和转化规律的基础学科,其基本理论渗透在自然科学和工程技术领域的方方面面,我们的生产和生活均离不开它.同时,在物理学的发展过程中形成了一系列科学的世界观和方法论,对于培养科学的思维方式和科学素养至关重要.大学物理课程作为高等学校理工科的必修基础课,高质量的课程设计对于学生打牢物理基础、激发学习兴趣、增强学生分析问题和解决问题的能力、培养创新意识和探索精神至关重要.

2 大学物理理论知识教与学存在的问题

2.1 教学模式生硬老套

大学物理理论知识的讲授一般是PPT和板书相结合的模式,PPT上讲解课程中的主要理论知识,板书推导重要物理公式.教学模式和教学手段单一、简单,教师灌输为主,学生被动接受,这样的教学模式过分强调书本知识的传授和学习,忽视引导学生通过实践活动,去独立探索积累经验获取知识的

过程.在现代科技日新月异的背景下,用PPT加板书的教學手段传授大学物理理论知识,难以体现现代教育技术的先进性,同时也难以激发学生的学习兴趣.

2.2 学生学习的积极性不高

大学阶段相比于高中阶段,由于课程考核模式的差异,进入大学后,多数学生没有了高中时的升学压力,学习不认真,尤其是非物理专业的学生,对大学物理的学习兴趣与动力不高.他们更倾向于期末考试前努力复习,对平时课堂上教师教授的内容积极性不高.同时现代社会通讯工具手机的智能化,学生上课很容易沉迷于玩手机,刷资讯等.此外,大学物理课程的内容涉及力、热、光、电领域,理论公式复杂且多,导致学生有畏难情绪.所以上课内容不应该只局限于书本上的知识,应该将理论知识与实践应用联系起来,调动学生的学习积极性^[1].

2.3 教学与实践应用脱节

传统物理教学模式重理论而轻应用.目前的大学物理课程都是基于授课计划里面的内容给学生讲解,注重基础知识的讲解以及数学公式的推导,与实践应用和前沿科技有一定程度的脱节^[2].

* 重庆邮电大学校级教改重点项目,项目编号:XJG19104.

作者简介:龙春红(1990-),女,博士,讲师,主要从事凝聚态物理计算.

通讯作者:刘俊(1974-),男,博士,教授,主要从事自旋电子材料的理论与实验研究.

这种照本宣科的教学模式不仅不利于激发学生的学习兴趣,掌握基础理论知识,还不利于提升学生的创新能力,在相关领域做出新的重要的成果.倘若能将教学与实践应用或者前沿科学研究有机结合,必将提升教学效果,使学生构建出清晰的知识树,并使学生懂得如何将所学知识应用到实践中去.

3 实践应用推动理论教学之电容器

针对以上大学物理教与学过程中存在的问题,我们认为理论教学结合实践应用以及前沿科技可以更好地提高教与学的效率.教师课上不再枯燥乏味、呆板生硬,学生学习的积极性更高,同时有助于培养学生创新意识和探索精神.下面我们以电容器为例来进行说明.电学是物理学中的一个重要分支,电容是电学中的一个重要物理量,它反映导体贮存电荷和贮存电能的本领.电容器这部分内容学习理解起来不难,如果将其结合到实践应用和前沿科技中,更容易改善教学效果,让学生更多地了解电容器,培养学生的创新能力和科学素养.针对电容器这部分内容,我们做了教学设计,内容包括提出问题、内容学习、解决问题3个部分.

3.1 提出问题

电容器在日常生活中应用广泛,如照相机的闪光灯、电视和电脑的线路板上均有电容器.电容器简而言之就是电的容器,储存的电荷量越多,释放的能量越大,它的特点是充放电速度都很快.现在科学杂志上经常见到一个新的词——超级电容器.超级电容器是一种新的储能装置,它有点像传统电容器和充电电池的结合体.它像电容器一样,可以快速充放电,同时又像电池一样,具有储能特性^[3].在中央广播电视台发布的2021年国际十大科技新闻中,超级电容器赫然在列.在教学设计过程中,我们提出超级电容器的概念,紧接着提出问题:超级电容器与一般电容器以及锂离子电池有什么区别呢?通过与时事和科学研究相联系的方式引入,可以有效地激发学生的学习兴趣,使他们愿意并继续了解与学习相关的内容.

3.2 内容学习

通过引导学生带着问题进入到电容器部分知识的学习中,物理知识的教学不应当只局限于讲授知识本身,还应该将知识的发展历史融入到物理的教学过程中.在讲解电容器这部分内容时,我们首先介绍莱顿瓶,即在玻璃瓶的内外壁敷上金属箔,形成两个电极,它是最早的电容器^[4].在莱顿瓶的基础上介绍孤立导体的电容,然后,给出电容器的定义及电容的理论计算公式.其次,继续讲解几个特殊类型电容器电容的计算方法,包括平行板电容器、同心球型电容器以及同轴圆柱形电容器电容的计算.最后结合所学电容器的知识分析上面提出的问题.

3.3 解决问题

(1) 从电容器到储能器件

根据电容器理论知识的学习,现分析解决课前提出的问题.电容器属于储能器件的一种,先按照储能的原理不同,可以告诉学生现代储能器件分为物理储能(电容器、超级电容器)和化学储能(铅酸电池、锂离子电池、燃料电池).按照功率密度和能量密度的差别,可以将电容器、超级电容器和锂离子电池按图1进行区分^[5].这里我们将超级电容器作为主要内容给学生讲解.

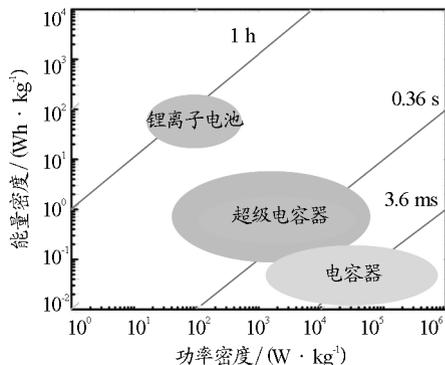


图1 各种储能器件对应的功率密度和能量密度区间

学生们刚学习了电容器的理论知识,同时对锂离子电池接触比较多,此时他们更迫切地想知道超级电容“超级”在哪些地方?我们可以继续讲解超级电容器.如图1所示,超级电容器的功率密度和能量密度介于传统电容器和充电电池之间.它具有如下特点^[6]:

1) 超大的比表面积.超级电容器相对于传统电容器,在电极材料的比表面积上有了重大突破,

因为它使用的是比表面积超大的活性炭,用它来做电极,它的比表面积约为 $2\ 000\ \text{m}^2/\text{g}$,甚至更高.

2) 超大的功率密度. 通常所用电池的功率密度在 $0.1 \sim 2\ \text{kW}/\text{kg}$,而超级电容器可以达到 $10\ \text{kW}/\text{kg}$ 以上.

3) 超长的寿命. 多孔碳材料循环 10 万次容量基本不衰减,它的寿命可以达到 100 万次甚至更久,这是电池不能比的. 这主要是因为使用多孔碳材料做电极时,储能过程中不存在化学反应,是纯物理的过程,电荷的吸附/脱附非常快.

由于超级电容器的一个电极可以组成一个电容器,所以超级电容器实际上是由两组电容器串联组成的储能器件. 因此将它称为双电层超级电容器,它的器件结构如图 2 所示.

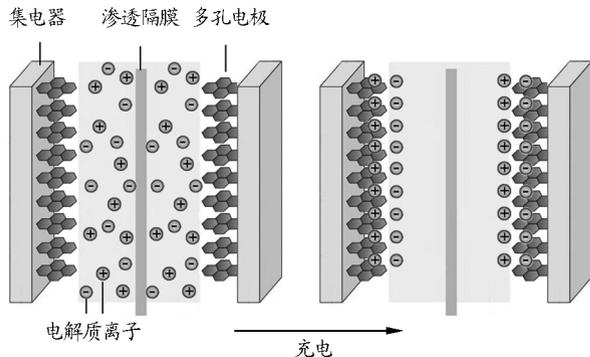


图2 超级电容器的结构和原理示意图

(2) 超级电容器的主要性能参数

超级电容器的主要性能参数包括电容、能量密度和功率密度. 电容

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd} \quad (1)$$

其中相对介电常数 ϵ 和距离 d 取决于电解质,比表面积 S 取决于活性电极. 能量密度

$$E = \frac{1}{2} CV \quad (2)$$

功率密度

$$P = \frac{E}{t} \quad (3)$$

式中 t 为放电时间.

(3) 超级电容器的应用前景

我们还可以将超级电容器与实际应用联系起来,讲解超级电容器广阔的应用前景.

1) 可用作高效率能量回收装置. 比如大家都感受过高铁的速度,在它要刹车时,可以将其能量通过超级电容器高效率地回收. 而在启动时,又可用作大功率电源输出,能大幅节约能源. 这种类似的系统还可以在电动汽车上用于能量回收. 还可用于公交车、叉车等大功率设备上作为电源使用. 目前新能源车越来越多,将超级电容器与电池结合起来用. 即用超级电容器作为启动电源,在爬坡时作为动力电源,刹车时高效回收能量. 电池负责长程续航,这种组合是一种非常合理地搭配.

2) 它非常适合电网脉冲整流. 在新能源电网系统,由于每天不同时段产生的电能具有很大的波动性,因此这种脉冲电流是不能直接并入电网的. 而超级电容器对不同大小的电流来者不拒,并且可以输出平稳电流,然后并入电网.

3) 可用作动力电源. 超级电容器已经开始了大规模的产业化,2020 年中国超级电容器市场规模增至 155 亿元. 国外超级电容器企业有美国的 Maxwell 公司,俄罗斯的 Econd 公司,日本的 Elna 公司、Panasonic 公司,韩国的 Ness 公司等. 国内超级电容器企业有北京集星、上海奥威、厦门法拉等.

(4) 超级电容器的科学前沿

上面提到了超级电容器的应用前景,下面介绍超级电容器的科学前沿或者前沿科技:超级电容器的很多研究工作集中在材料研究方面,目前超级电容器主要有 2 种,一种是双电层电容器,它的两极都是多孔碳,但能量密度较低. 在水系电解液中,其能量密度不高于 $10\ \text{Wh}/\text{kg}$. 不适合作为移动式电源单独使用. 因此,为了提高能量密度,目前较多的工作集中于另一类超级电容器的研究,也就是赝电容超级电容器. 它的一极使用多孔碳,另外一极使用过渡金属化合物,通过化学反应来提高电荷存储量. 引入氧化还原反应有效地提高了电容器的能量密度,那么,对于超级电容器的电极材料,目前主要的研究方向都有哪些呢?

对于双电层超级电容器用的多孔碳,主要是调控比表面积、孔径分布、导电性和表面元素掺杂,以便引入赝电容,以增加其能量密度. 对于赝电容超级

电容器,目前的主要研究方向和目标是,研制电容量大、循环性能好、结构稳定性好的赝电容材料,以实现超级电容器的超长运行.此外也有很多研究将电池材料和超级电容器材料结合起来使用.制成混合型超级电容器、电容电池等器件.

传统枯燥的理论知识的讲授只会让学生产生厌学心理,并且不清楚所学知识如何与实际应用和前沿科学联系起来.通过将电容器理论知识与超级电容器的实际应用和前沿科技结合起来给学生们讲解,既拓宽了学生的知识面,也使学生们听课积极性更高,使他们带着深厚的兴趣投入到大学物理这门课程的学习中.

4 结论

本文提出了“理论+应用+前沿科技”的教学新模式,首先提出问题激发学生的兴趣,接着通过讲授基础知识、介绍应用场景使学生明晰问题是怎样被巧妙解决的,并惊讶于知识的魅力,最后通过展望前沿的科学,使学生清楚地知道“我接下来能在这个领域做些什么”.该教学模式在教授课本

知识的基础上,将相关知识在具体场景中的应用呈现出来,从而最大程度激发学生的学习兴趣 and 创新能力,做到举一反三,为我国培育出真正的创新型人才.

参考文献

- [1] 苗劲松,张胜海,陈文博,等.基于专业人才培养的物理学教学策略与实践[J].科教文汇,2022(7):75-77.
- [2] 曲春英.新时代背景下以专业应用为导向的物理学教学改革与研究[J].创新创业理论与实践,2022,5(8):36-38.
- [3] 黄亚萍.超级电容器的储能特性及应用前景——评《超级电容器:材料、系统及应用》[J].电池,2022,52(1):121-122.
- [4] 裴姗姗,袁勇,李小锋.基于科学建模的物理概念教学设计与实践——以“电容器的电容”一节为例[J].物理教师,2021,42(8):31-37.
- [5] ZHANG Y,JIANG J,AN Y,et al. Sodium-ion capacitors: Materials, Mechanism, and Challenges [J]. ChemSusChem,2020,13(10):2 522-2 539.
- [6] 康维.电化学超级电容器:科学原理及技术应用[M].北京:化学工业出版社,2005.

Discussion on the Teaching Mode of Theoretical Teaching and Practical Application and Frontier Science of University Physics

——Taking Capacitor as an Example

LONG Chunhong LUO Xiaobing MA Yirong DING Guangqian LIU Jun

(School of Science,Chongqing University of Posts and Telecommunications,Chongqing 400065)

Abstract: Nowadays, with the rapid development of science and technology, it is very important to cultivate innovative talents in China. The traditional teaching mode of university physics has been difficult to adapt to the requirements of the new era, and it is urgent to explore the new teaching mode. This paper sorts out the problems existing in the teaching and learning of college physics theory, and puts forward a new teaching mode of “theory + application + frontier science and technology”. Taking the capacitor as an example, this paper starts from the basic principles and gradually expands to its application scenarios and the frontier topics of current scientific research. This teaching mode guides students to do new and innovative work on the frontiers of science while teaching the basic theory.

Key words: university physics; teaching and practical application; new teaching mode; supercapacitor