

# 《大学物理》BOPPPS 模式教学设计探讨 ——以 7.7 静电场中的导体为例

何春风 段彬 王道 王丹 张凤琴  
(吉林大学物理学院 吉林 长春 130012)

**【摘要】**总体教学设计遵从以学生为中心、以教学目标为导向的教学理念,按照 BOPPPS 模式(B 导入-O 目标-P 前测-P 参与-P 后测-S 总结)的策略实施教学计划。以这种模式设计的教学案例在课堂实施后,课堂教学的效果、效率、效益得以提高。

**【关键词】**BOPPPS 模式 静电感应 静电屏蔽 大学物理

**【基金项目】**感谢吉林大学本科“创新示范课程”建设项目;基础物理学“课程思政”学科育人示范项目(sk201915)给予的支持。

**【中图分类号】**O441.1-4 **【文献标识码】**A

**【文章编号】**2095-3089(2021)06-0145-03

## 1. 引言

《大学物理》中静电平衡章节是电磁学部分的教学重点和难点,学生们不太容易理解。本文以 BOPPPS 模式设计了 7.7 节——静电场中的导体一节的教学内容,意在提高教学的效果,激发学生的内在学习动力,授课时间约 30 分钟。

回顾描述电场的两大物理量电场强度  $E$  和电势  $U$  之间的关系,以及静电场中普适的高斯定理。口述文字内容的同时,以板书形式给出两个内容的数学表达式:

$$\epsilon_0 \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \sum_i q_i; U_a - U_b = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

## 2. 教学过程

(1) 导入 B: 以图片结合问题式导入方式提出要讲述的内容,力图生动有趣,以吸引学生的注意力,激发学生的好奇心及学习兴趣。



图 1 课程导入

本节课来讨论电场和导体之间的联系。假设现在有一个人生活在一个铁质(导体)的房子里,屋子外边有一个坏人拿着一个发电机,试图在你的房子的周围制造一个强电场并用这种强电场的方式来伤害你,他会不会成功?引出今天的主要授课内容——静电场中的导体问题,同时板书写出:7.7 静电场中的导体。

(2) 目标 O: 多媒体给出本节内容的重点难点。学习目标要从学生的角度出发,设定必须明确、适当、可达成、可测量。学习目标从知识目标、能力目标、情感价值目标和思政目标四个方面给出。知识目标:掌握静电平衡的概念,导体处在静电平衡下的表现特征;掌握静电平衡导体表面电荷分布特点;了解静电平衡现象在日常生产生活中的应用。能力目标:培养学生独立解决问题的能力、理论联系实际的能力和创新能力。情感与价值观目标:将丰富深邃的物理世界以愉快的方式展现在学生面前,使学生体验到科学精神,引起学生在心灵上的共鸣,产生学习动力,在给予学生爱国主义教育的同时,帮助学生树立正确的辩证唯物主义世界观,提高科学素质。思政目标:传递坚定共产主义信仰。学生通过本次课要掌握导体处在电场中会发生什么变化,并掌握这种变化的特征。

(3) 前测 P: 前测部分的结果用来帮助教师了解学生对本知识点的兴趣及先备知识,以便调整后续教学内容的深度及进度,让课程的目标更加聚焦。设置问题:导体和绝缘体的本质区别是什么?处于静电场中的导体会发生变化,使得导体自身处于一种新的状态,这就是静电平衡状态。什么是静电平衡状态呢?从导体的微观结构出发进行讲解。多媒体给出导体结构图(如图 2)。

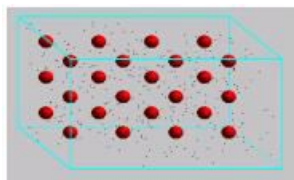


图 2 导体结构图

从导体内部的物质结构出发,以导体和绝缘体的本质区别作为切入点:导体内部存在可以自由移动的电子。当导体本身不带电,也不受外电场作用时,导体内的自由电子没有宏观的运动,导体的各个部分呈现出电中性。多媒体给出图 3。

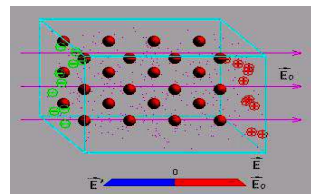


图 3 外电场作用下导体结构

当导体置于外电场中时,导体内的带负电的自由电子在外电场的作用下会出现宏观的定向运动,引起导体中的电荷重新分布,这就是静电感应现象。由于静电感应作用,在导体表面会出现新的电荷,称之为感应电荷。感应电荷的出现反过来会改变导体内部和周围的电场分布,直至导体中电荷宏观运动停止,电荷分布达到新的平衡。我们把导体中没有电荷做宏观定向运动的状态称为静电平衡状态。

导体表面出现感应电荷会激发一个与外电场方向相反的感应电场  $\vec{E}'$ , 导体中的电场是外电场  $\vec{E}_0$  和感应电场  $\vec{E}'$  的矢量和,即  $E = E_0 - E'$ 。开始时  $E_0 > E'$ , 自由电子会不断地沿电场强度  $\vec{E}$  的反方向移动,使感应电荷逐渐加多,感应电场  $\vec{E}'$  随之增大。那移动的过程什么时候停止呢?这个过程一直延续到感应电场与外电场平衡,导体中的电场  $\vec{E} = 0$  为止。于是导体内没有电荷做定向运动,电场分布不随时间变化,导体处于的状态就叫作静电平衡状态了。多媒体给出静电平衡的概念。板书给出静电平衡条件:1.  $E_{内} = 0$

导体内部没有电场(问题式引申),那会不会有电力线

存在呢?没有。那外部的情况如何呢?直接给出结论:电荷分布在导体外表面,这些电荷产生的电力线的方向与导体表面处处垂直。(多媒体同时给出)板书给出: $E_{外} \perp S$

用反证法给出证明。如果不是处处垂直的,也就是电力线的方向不是和表面的法线相同,该电力线在导体表面的方向上可以分解出一个分量,导体表面的电荷马上会在该电场分量的作用下发生运动,就不再是静电平衡状态了。

结合板书电场和电势关系公式,如果在导体内部任意取两点,a和b,考查这两点的电势差,选择从a出发,经过导体内部到达b点的积分路径,因为导体内部的E处处为0,该积分必然等于0。则a点电势和b点电势的差值为0,a点电势和b点电势是相等的。即导体内部任意一点的电势都相等,即静电场中导体是等势体。多媒体和板书同时出示“等势体”。

把不带电导体放在电场中,大自然能毫不费力地瞬间做到这些,遵循所有的物理法则:确保导体内部没有任何的净电荷;保证了导体内部电场,处处为0;使得外部电场线无论在任何的位置,和导体相交的时候,都是垂直于表面。非常不可思议。(给学生情感和价值观教育——尊重自然,树立朴素正确的辩证唯物主义世界观)

讨论完导体本身不带电,处于外电场时的情况后,如果假设让导体本身带电,那这些电荷在导体上会如何分布呢?(问题式引入,由简单到复杂)以最简单的红色实心钢制导体为例(选择红色心模型,一方面符合人体的生理实际,另一方面主要是传递拥有坚定的共产主义信仰的情感教育信息),从外部引入正电荷 $q_0$ 。让这个导体心带电,电荷最终会停在什么位置?电荷会去哪里?给出4个选项。

- 电荷会均匀分布在整个实体上。
- 所有的电荷会集中在某一点。
- 电荷会均匀分布在导体外表面。
- 以上3个答案都不对。

(4)参与式学习:让学生参与到学习活动中来,以加深学生对所学内容的理解及印象,提高学生的学习兴趣。参与式学习中通过和同学的窃窃私语和讨论也培养学生的语言表达能力、沟通能力及合作能力等素养。以提问学生方式进行讲解,以便集中学生的注意力。选C选项的学生可以给到70分(满分100)。电荷的确只是在外表面的,但是不是均匀分布。告知学生后边课程会阐述(为后续内容打下伏笔)。导体处在自身电荷形成的电场中,稳定时必然处于静电平衡状态。

用反证法证明。首先错误地假设一种可能,如果由于某种原因,电荷自己在导体内部停下来了。在导体内部任意位置选择一个封闭的高斯面,由于导体内部的电场处处为0,由高斯公式,矢量E点乘ds的积分应该是0,则选择的高斯面内部的电荷必然为0。高斯定理,立刻否定了内部有电荷的可能性,即所有电荷只能分布在外表面。(由简到难,递进式引入问题,模型进一步复杂)再次以提问学生方式进行。

现在把心模型更加真实化为中空的导体心。在与简单模型相同的条件下,在导体上电荷会怎么分布?导体内表面会有电荷存在吗?解答:利用高斯定理,给出导体内部和内表面都不可能有的电荷。即不管是实心的导体还是中空的导体两种情况内部电场处处都是0。内部不会有任何的电荷,

整个心(包括中空的地方)是等势体。如果假设有人可以处于心模型的中空腔内部,在空间外边把导体带电量增加,导体里边的人能够感知的到外部电荷电量或者外部电场的变化吗?(请同学集体回答,参与式教学)。给出肯定的结论为不能。

解释:外部电场不管发生了什么变化,这种变化只能在外表面上得以体现。在内部,也就导体的内表面是看不见,感知不到的,即内部的人被屏蔽了。总结引出静电屏蔽的概念。多媒体给出静电屏蔽应用图片,见图4。



图4 静电屏蔽应用

通讯电缆和有线电视信号线外面包的铅皮或者金属丝,作用是屏蔽外界各种扰动,使内部传输的信号不受干扰。为什么高压线上的工作人员可以安全作业?因为高压带电作业用金属丝编织的屏蔽服,可以起到屏蔽的作用。最后以轻松愉快的口吻给出:如果当心情不好的时候,不想接电话,还不想关机,可以怎么办呀?找个导体盒子把手机装进去,这样呼叫手机的人永远听见“您拨打的用户暂时无法接听”。(学生情感和价值观教育——积极阳光的心态)

实践环节:课程设计“用事实说话”的教学环节。物理是实验的学科,当场用演示实验验证今天的教学内容——静电屏蔽。把正在接收节目的半导体收音机放在导体盒子里,信号中断,打开盒子信号立即回复,用实验验证半导体收音机真的被屏蔽。

解答课程开端提出的问题(课程设计首尾呼应)。如果想伤害你的人明知道你在钢质结构的房子,还企图用这种方式伤害你,那么这个人肯定是没有学过物理,因为内部永远都不会有电场的,外电场被导体房子屏蔽掉了。

(5)总结S:(递进式引入问题,模型更进一步复杂,同时留有悬念,激发学生兴趣,增加预习学习的主动性同时,引出下次课的内容)以图片方式做小结,如图5。导体的中空内部是中空的情况,人站在导体内部,感受不到外电场的变化,实现了对外电场的屏蔽,我们叫作外屏蔽。

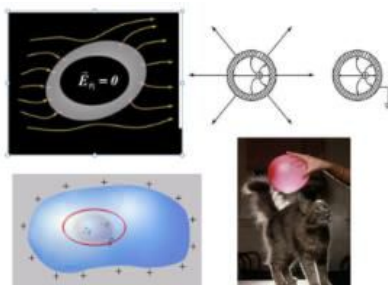


图5 内屏蔽和外屏蔽

(6)后测:后测的目的是验收学习成果。后测题目设置与前测对应,题目难度加深,起到引发学生思考的主动学习效果。如果有人携带一只猫进入导体内部,显然猫和人一样,是感知不到外边电场的变化的。如果导体空腔内的人拿梳

(下转第148页)

两个课时的教学内容和时间安排进行一个详细的计划和安排。比如网络层部分,分为10个课时,5个单元设计,其中网络层的基本概念和报文传输方式为1个单元,占2个课时;IP协议为1.5个单元,占3个课时;ARP协议为1个单元,占2个课时;ICMP协议为0.5个单元,占1个课时;RIP协议等为1个单元,占2个课时。

(四)PPT等多媒体课件制作

运用现代信息技术,加工制作了课程的全部多媒体课件。每个课件以知识点为单元,重点围绕《计算机网络》的55个重点、难点的原理和技术,完成了55个知识点的PPT课件制作,在课件中力求用动态、形象的动态图和动画效果展示抽象的基本原理和技术细节,提升课件的趣味性和生动性。已完成的PPT示例如图1所示。

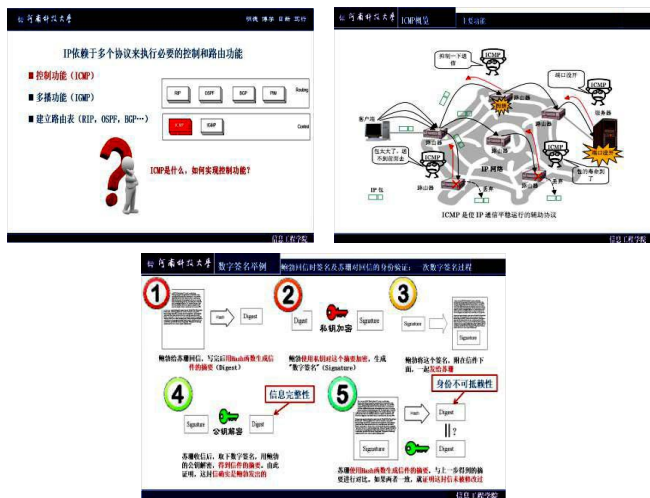


图1 已完成的PPT示例

(五)教学视频

在线视频是在线开放课程最核心的部分,学生主要通过网络观看视频进行学习。视频的制作和设计会影响学习者的学习兴趣和学习效果。书籍《翻转课堂的可汗学院:互联时代的教育革命》中,萨尔曼·可汗说十分钟视频是学习者保持注意力集中的时长,效果比较好。《计算机网络》以一个小的知识点或者一个实验项目为录制单元,共完成了55个教学视频的录制和上线,每个视频的时间控制在5~20分钟范围内。在后期制作中,对于教学视频进行相关剪辑,同时利用剪辑过场动画、文字水印说明、视频标题及目录等多种方式对视频内容及呈现效果不断进行优化。目前,视频仍在进行持续性的优化。

(六)相关测试

课程内容的主要呈现方式是知识点体系,合理利用各个

(上接第146页)

子给猫梳理毛发,然后让梳子和猫分开,让二者处在导体内部不同位置,这个时候相当于人在导体内部不同位置放置等量异号电荷,空腔内部因为有电荷的出现,内部空间的电场就发生了变化。引入问题,处在导体外边的人会不会感知内部电场的变化吗?外边的人是不是也会被屏蔽呢?会不会产生所谓的内屏蔽呢?亦或进一步,如果要想实现内部、外部的电场同时都被屏蔽,即全屏蔽的话,用什么样的方法处理才能够实现呢?作为作业布置给学生。

3.结论

综上所述,以BOPPPS模式策略设计的《大学物理》教

知识点之间的关系,构建较为完备的知识体系结构。《计算机网络》在线开放课程将在现有基础上,对于知识点的测试采用进阶式测试、阶段性自测、作业等综合形式进行教学过程的测试,并将相关测试结果纳入学生的总评成绩。

(七)参考资料

随着学生学习需求的发展与提升,课程内容一定在某时间段内需要得到丰富与更新。《计算机网络》教学团队作为课程内容的输送方,在基于整个教学内容的基础上,针对不同学生的特点,对学生采用因材施教的方式,同时在授课之前,对于教学内容进行一个筛选和过滤,针对学生的知识基础及各方面学习能力,适当地扩展教学内容,同时合理利用网上丰富便捷的教学资源进行辅助教学。

(八)线上与线下混合式教学

《计算机网络》课程将继续采用在线开放的视频和丰富多样的课程资源来完善和补充课堂教学,结合线上教学模式,在保证教学质量、教学方法的同时,实现教学资源的合理分配。我们发挥现代网络授课的便捷性和网络资源的丰富性,在带给学生不同的教学体验的同时,能够帮助学生构建较为全面的知识体系,同时扩展了学生的知识面,提升了学生的自主学习能力。

(九)考核与评价

制定合理的考核方式是在线学习课程的重点和难点。在线学习课程主要分成两个部分。其一是在学习过程中进行考核,主要是在授课过程中利用线上测试的方式,以及在课后进行网上作业的方式组成,这些都作为学生最终成绩的一部分,评价过程借助计算机程序或雨课堂的在线测试功能完成。其二是终结性考核,将知识点的考核形式凝练成在线平台能提供的题型。目前《计算机网络》在线开放课程正在准备的题型包括选择题、填空题、判断题、计算题、应用题、论述题六大题型,覆盖了绝大多数题目类型。

三、结语

在网络平台共享的环境下,《计算机网络》在线课程通过教学内容、教学手段和教学环节的设计,重点围绕学生知识的内化和持续服务,可有效促进课堂教学改革与创新,更好地提高学生的学习效率和学习效果。

参考文献:

[1]朱路红.综述在线开放课程建设中的信息化教学改革及应用[J].长江技术经济,2020,4(S2):201-202.  
[2]刘艳君.基于OBE教育理念的课程教学设计[J].科技风,2020(29):65-66.

作者简介:

郑瑞娟(1980年-),女,汉族,河南获嘉人,博士研究生,副院长,教授,研究方向:网络技术。

学计划在课堂实施后,提高了学生的课堂参与度,激发了学生的好奇心,让学生理解了所学知识在生活当中的应用,提高了学生的学习效率。

参考文献:

[1]胡森,刘丹.BOPPPS教学模式下大学物理线上课堂的教学设计——以“动生电动势”为例[J].湖北第二师范学院学报,2021(2):83-88.

作者简介:

何春风(1980年-),女,满族,黑龙江人,博士研究生,副教授,研究方向:上转换发光及其在激光领域的应用。