

原子物理学教学内容和教学方法的改革探究

张玉青, 付响云, 谢素霞, 彭朝晖

(湖南科技大学 物理与电子科学学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要:目前大多数高校开设的原子物理学课程教学内容陈旧,传统的教学方法不能生动、形象地呈现教学内容。基于这些问题,必须在教学内容中融合原子物理学的重要研究进展和最新科技成果,缩短基础课程与前沿学科之间的距离,完善学生的知识结构;在教学方法上结合多媒体教学,用视频和动画来呈现传统教学方法难以描述的教学内容,加深学生对知识的理解,增强学生的学习兴趣,以适应新形势对人才培养的要求。

关键词:原子物理学;改革探究;教学内容;多媒体教学

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2017)09-0055-04

原子物理学是物理学专业学生的基础课,它上承经典物理,下接量子力学,是学习理论物理和从事原子物理、分子物理、量子光学等领域科学研究的基础。然而目前的教学内容更新不及时,教学方法不能很好地呈现教学内容以及前沿科学知识,这些都不利于学生将理论知识与现代科技发展前沿对接,也不利于学生创新意识的培养。所以,原子物理学课程的教学改革是大学课程教学发展的必然趋势以及大学生对高品质课堂要求的必然结果。

1 原子物理学的发展现状和教学现状分析

1.1 原子物理学的发展现状

原子物理学属于近代物理学科。近些年来,原子物理的相关科学研究取得了很大进展,其中最大的成就是冷原子技术的实现以及由此发展起来的一系列新兴科学技术。20世纪90年代以来,冷原子物理领域就诞生了2次诺贝尔物理学奖,分别是1997年朱棣文、科昂-塔努基和菲利普斯因发明了激光冷却技术而获奖,2001年维曼、康乃尔、和凯特勒利用激光冷却技术获得了玻色-爱因斯坦凝聚(BEC)而获奖。冷原子技术包括原子的冷却和囚禁技术,依靠冷原子技术获得的超低温原子因为有着常温原子所没有的优势,在可预见的未来将对人类文明的发展起到十分关键的作用。目前很多新兴科学技术都是基于冷原子技术发展起来的。例如基于玻色-爱因斯坦凝聚发明的原子干涉仪^[1]可以有效测量重力微小变化以及引力波等,将是未来航空航天技术必不可少的设备;冷原子钟^[2]会输出更为精准的频率,对人类的时间标准和距离标准起到革命性的改进,是未来全球定位系统和宇宙空间定位系统的核心技术;基于冷原子发展起来的量子信息^[3]和量子计算机技术^[4]将使现有的信息技术发生翻天覆地的变化;基于冷原子建立起来的光镊技术^[5]可以对细胞、病毒以及生物大分子等进行人工操作,还可以在不破坏生物细胞膜的前提下,实现对细胞器的操控。此外,还有量子纠缠^[6]、单光子操控^[7]等等,这些技术将大大推动人类文明进程,在人类社会发展中发挥越来越重要的作用。

收稿日期:20170622

基金项目:2016年湖南科技大学教学改革研究项目(G31611)

作者简介:张玉青(1981-),女,河北张家口人,讲师,博士,主要从事基础物理和量子光学教学与研究。

1.2 原子物理学的教学现状

目前国内许多高校使用的教材是由储圣麟先生编写、高等教育出版社出版的《原子物理学》。该教材包括原子物理、原子核物理和基本粒子3个部分,内容深入、涉猎广泛,是大家公认的经典教材。然而,教材内容只涵盖了20世纪20年代至50年代的原子物理学成就。在此之后,人们对微观世界的了解不断深入,新的物理实验结果不断被发现,新的物理模型、物理原理不断被提出,原子物理学在深度和广度方面有了很大的发展,并且相应地产生了大量的现代科学技术。然而这些关于原子物理学的卓越成就在现有的经典教材中是缺乏的。因此,应该尽量吸取现代物理学的进展和科学技术成就,将这些新成果有重点地引进到原子物理学的教学中来,让学生了解这些最新的现代科学技术。这样才可以缩短基础课程与前沿学科之间的距离,大大提高学生的学习兴趣,既能使学生拥有良好的基础、丰富的知识、开阔的眼界,又能使学生的创新能力和开拓精神得到培养。目前有一些高校在原子物理学教学改革方面做了很多工作。比如北京大学物理系对原子物理学课程的知识结构进行了调整,对内容进行了补充和修改;沈阳师范大学物理系注重原子物理学与化学等学科之间的交叉和联系。这些教学改革大大提高了学生的学习兴趣,完善了学生的知识结构。然而各高校都是根据各自学校的学科特点对原子物理学课程进行改革,改革的内容和深度不统一,也没有形成有特色的教材用于广泛的教学。另外,纵观近些年来物理学专业学生的就业情况,有一大部分学生要考取研究生,由于原子物理学的研究是当今科学探索的热点,在教学内容中加入科学前沿知识可以扩展学生的知识视野,为学生以后考研起到一定的指导作用。所以,关于原子物理学教学内容的改革是时代发展的必然要求。

原子物理学是属于微观领域的学科,描述的是用肉眼直接看不到的物质,用传统的板书讲解难以清晰、生动地呈现其物理图像、运动规律、受力状况等,所以要结合多媒体教学,用图片、视频和动画来呈现原子的结构、物理图像和实验过程,来展现最新科学成果、原子物理学的研究发展历史以及相应物理学家的一些介绍等,让学生在观察、验证和发现,从而使教学生动有吸引力,并激励学生的自主学习和发现。所以,关于原子物理学教学方法的改革也是时代发展的必然要求。

2 原子物理学教学内容和教学方法改革的具体措施

2.1 原子物理学教学内容改革的具体措施

改革原子物理学教学内容体系是教学改革的核心工作。改革的目标:通过调整原有的教学章节并且在教学内容中加入最新的实验结果、最新的科技成果以及相应内容的最新发展趋势,让教学内容既具有系统的理论知识,又包含最新的、最前沿的研究成果。具体的,根据教学目标以及课程安排适当调整现有教材的知识结构,对整个知识体系进行模块教学。由于原子核物理和基本粒子两部分涉及的内容较少,改动主要体现在对原子物理部分的调整上。结合储圣麟先生编写的《原子物理学》教材,将原子物理部分划分为6个模块,按照模块顺序进行教学。

第1个模块:第一章原子的基本状况。主要讲述原子的大小、质量和基本构造,让学生对原子有一个基本的认识。第2个模块:从光谱学知识出发研究原子中电子的运动规律和力学规律,包含5个章节。第二章原子的能级和辐射,主要讲述玻尔的氢原子理论,让学生了解适合微观世界的一套新的不同于经典理论的研究方法;第三章碱金属原子和电子自旋,将研究从最简单的氢原子拓展到最外层有一个价电子的碱金属原子,研究其光谱特征和光谱形成的原因;第四章多电子原子,将研究拓展到最外层有2个,甚至多个价电子的原子,得到复杂原子光谱形成的一般规律以及辐射跃迁的普适选择定则;第五章原子的壳层结构,分析核外电子的排布规律,解释原子的基态和元素周期表的由来;第六章X射线,将研究由价电子拓展到内层电子,学习内层电子的跃迁规律。第3个模块:第七章磁场中的原子。描述将原子放到外磁场中原子光谱的变化以及产生这种变化的物理本质。第4个模块:第八章分子结构和分子光谱。从最简单的双原子分子出发,描述分子的能级特征以及分子中电子的运动规律。第5个模块:第九章量子力学初步。从波函数和薛定谔方程出发,简单介绍量子力学对微观粒子运动规律的描述。并且以氢原子为例,对比用玻尔理论和量子力学两种方法得到的结果,揭示出量子力学对微观粒子运动规律的描述更准确。第6个模块:这一部分是新加上去的,即原子物理学最新进展。这一部分包

括两章,即第十章和第十一章。原有的原子核物理和基本粒子分别调整为第十二章和第十三章。第十章讲述原子的冷却和囚禁,第十一章讲述冷原子技术的应用。这2个新章节反映了本学科领域最新的科技成果和研究前沿方向,具体如下:

第十章 原子的冷却和囚禁

10.1 原子的冷却

10.2 原子的囚禁

第十一章 冷原子技术的应用

11.1 玻色-爱因斯坦凝聚(Bose-Einstein condensation, BEC)简介

11.2 原子干涉仪

11.3 冷原子钟

11.4 量子信息和量子计算机

11.5 光镊技术

2.2 原子物理学教学方法改革的具体措施

原子物理学教学方法的改革包含两个部分:第一部分是对原子物理学课堂教学手段的改革,第二部分是让学生的课上学习与课下调研相结合。改革的目标:一是清楚且生动地呈现物理内容;二是使教学有吸引力,让学生学完以后在脑海中留下深刻的印象,并激励学生的自主学习和发现。

2.2.1 课堂教学手段的改革

采用板书与多媒体教学相结合的课上教学。首先,有关知识结构的标题和重点内容要在板书和多媒体课件上同时呈现,这样可以保证学生随时了解知识层次,把握重点、难点,在脑海中形成知识体系。另外,由于原子物理学是属于微观领域的学科,原子的结构与能级、电子的运动等物理图像和实验过程用传统的板书讲解难以清楚、生动地呈现,所以要结合多媒体教学,利用Flash, CAI, PowerPoint, Authorware, Photoshop等多媒体技术制作一套完整的教学课件,同时引入一些科普视频来展现科学最新成果、原子物理学的发展历史以及相应物理学家的一些介绍等。这里举几个具体的例子。

例1 第一章讲述原子的基本状况,原子大小的数量级为 10^{-10} m,氢原子质量的数量级为 10^{-27} kg,原子核半径的数量级为 $10^{-15} \sim 10^{-14}$ m,电子的大小约为 10^{-15} m,等等。如果只是陈列这样一些实验数据,学生的印象不会很深刻。在讲述这一部分时,引入一个很有意思的动画视频来介绍原子的结构:第1个问题,原子到底有多小?如果一个西柚里装满了原子,将原子扩大到蓝莓那么大,西柚会撑大到多大?是地球那么大!也就是说如果将地球灌满蓝莓的话,蓝莓的数量就是西柚里原子的数量。第2个问题,原子核到底有多小?在教科书中学生看到原子核是一个位于原子中心的小点,但实际上,这种比例是不合理的。如果原子有蓝莓那么大,人眼是看不到里面的原子核的。为了了解原子核的大小将原子撑大到一个一般的田径场那样大,到原子中去找原子核,原子核就只有一个玻璃珠那样大。电子就像一个小玻璃珠那样围绕原子核高速运动,高速到什么状态呢?眼睛分辨不出电子在什么地方。原子中除了电子和原子核其他空间是什么呢?是真空,所以基本上整个原子都是真空。第3个问题,这么小的原子核占据了一个原子99.9%的质量,那么其密度是很大的,大到什么程度?如果地球上每个人都有一辆汽车,将所有的这些汽车压缩到一个普通的集装箱里,压缩后集装箱的密度就是原子核的密度,数量级约为 10^{17} kg/m³。利用这样的动画视频可以形象地描述原子和原子核的大小和原子的结构,而不是只从数字上说明。学生看完以后就会有一个很直观的认识,留下很深刻的印象。

例2 在第二章讲玻尔的氢原子理论时,用动画来呈现氢原子模型:原子核就像一个很小的星球,周围是一圈圈的轨道,电子在某一个轨道上运动,从高轨道向低轨道跃迁辐射出一个光子,或者电子吸收一个光子之后从低轨道跃迁到高轨道。整个过程非常直观生动,是静态图像和板书无法呈现的。

例3 讲弗兰克-赫兹实验时,由于是微观粒子,加速电子与原子的相互作用过程在实验上是看不到的,可以给学生播放模拟实验的视频,用动画体现电子的加速过程、原子与加速电子的碰撞过程以及碰撞后电子减速、原子产生能级跃迁等过程,从而大大提高了学生对实验原理的理解。

例4 在讲电子的波动性时,播放一个电子双缝衍射实验的动画视频:先让许多玻璃珠通过一条

缝,玻璃珠会在屏上正对缝的地方留下一条与缝相似的痕迹。然后通过两条缝,玻璃珠会在屏上留下两条与缝相似的痕迹。那么波通过时会有什么现象?波通过单缝时,与缝正对的地方会出现很亮的一条线,屏幕的亮度表示了波的强度。但当波通过双缝时,产生了与单缝不一样的现象,出现了一系列的干涉条纹。所以,波的行为与实物粒子的行为是不一样的。那么,现在让量子世界中的电子通过双缝,大家猜一下会有什么现象?当电子通过两条缝时,屏上居然像波一样出现了干涉条纹。干涉是波特有的现象,那么电子这样的实物粒子为什么会出现波的性质?到此,学生的兴趣和思考欲望就被提起来了。大家会猜测:是不是由于电子之间的相互挤动造成的?现在的技术很好验证,只要每次发射一个电子,就可以排除它们之间的挤压。然而,长时间以后,屏上仍旧出现了双缝干涉条纹,那么电子这种实物粒子怎么就变成波了?通过这种动画形式的一步步引导,形象生动地演示了物理过程,激发了学生的思考。学生每次到此都有许多疑问,再去解释实物粒子的波动性,就会给学生留下非常深刻的印象。

例子还有很多,对于用板书和静态图片难以呈现的知识,都可以用相应的视频动画来呈现。除此以外,还可以在相应的章节用PPT和视频等给学生介绍当时的物理背景、物理学家、近些年诺贝尔物理学奖获得者的学术成就等等。实际的教学效果是:学生对其很感兴趣,学完后印象深刻,对知识的理解比较清楚,课下有很多问题和想法与老师交流。所以,采取这种教学方式收获很大,也说明这些教学手段是适应时代发展、适应本学科教学的。

2.2.2 课上学习与课下调研相结合

原子物理学属于近代物理范畴,是与前沿科学技术紧密相连的。由于课时的限制,不可能把某一物理问题全部的前沿科学成果在课上一一展示,只能展示一些最具代表性的科学成果。另外,知识是不断更新的,而课下阅读和调研是激发学生思维、加深学生对知识的理解、扩展学生知识面的关键。还有值得注意的是:问题是科学发展的源泉。所以,要形成鼓励机制,让学生对课上、课下的知识内容多提出疑问,提出自己的观点和想法。教师在课后除了布置合理的课后作业,再布置1~2个课后调研作业让学生自主阅读,去发现相应研究的最新进展,试着解决自己的困惑之处。

3 原子物理学教学改革的意义

原子物理学课程在物理类专业课程教学中占有重要地位。对原子物理学教学内容和教学方法的改革,一方面,让教学内容既保留了该门课程的基本知识框架、知识间的内在联系,满足学生学习后续课程的需要,又反映了本学科领域最新科技成果和研究前沿方向,构建了支持学生终生学习的知识平台,开阔了学生的视野,促进了学生创新意识、实践能力和综合素质的培养。另一方面,教学方法的改革可以生动、形象地呈现相关物理原理、物理图像、实验过程和物理背景等,从而加深学生对知识的理解,激发学生的思考和自主学习调研,让学生感受到对原子物理学课程的学习是非常有意义、有意思的事情。

参考文献:

- [1] 许霖. 冷原子干涉仪及其应用[J]. 物理通报, 2011(9): 2-3.
- [2] 吕德胜, 刘亮, 王育竹. 空间冷原子钟及其科学应用[J]. 载人航天, 2011(1): 47-51.
- [3] Jeffrey M Epstein, Birgitta K Whaley. Quantum speed limits for quantum - information - processing tasks[J]. Physical Review A, 2017(4): 1-11.
- [4] 李建青, 沈国金, 赵中云. 量子信息与量子计算机[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2002(1): 22-24.
- [5] Ming Zhou, Haifeng Yang, Jianke Di, et al. Manipulation on human red blood cells with femtosecond optical tweezers[J]. Chinese Optics Letters, 2008 (12): 919-921.
- [6] 张天蓉. 走近量子纠缠系列之六 纠缠态及实验[J]. 物理, 2015(3): 189-191.
- [7] 曹正文, 赵光, 张爽浩, 等. 基于 Bell 态粒子和单光子混合的量子安全直接通信方案[J]. 物理学报, 2016(23): 37-43.

(责任校对 朱正余)