

“原子物理”教学与创新人才培养

徐仁新

(北京大学物理学院, 北京 100871)

摘要 结合笔者的教学经历, 谈谈“原子物理”课程教学的体会. 原子物理课在培养创新人才中占有重要地位; 而教学中穿插介绍相关现代热点研究课题, 将有助于学生提高学习兴趣, 顺利地在“经典”概念的基础上建立起“量子”直觉.

关键词 物理教育; 普通物理; 原子物理; 量子物理; 近代物理; 天体物理

普通物理教学对于物理类本科生拥有好的物理直觉以及培养今后处理复杂物理问题的能力都极其重要. 在一定的数学知识准备后, 大学普通物理课程可分为经典物理(包括力学、热学、电磁学、光学)和量子物理(或原子物理)两部分; 物理系一般还后续安排了相应的理论物理课程(即: 理论力学、统计力学、电动力学、量子力学). 尽管量子物理部分占普通物理总学时的比例较低, 但它对于创新能力的培养至关重要; 它不仅是进一步学习量子力学的基础, 而且有助于理解众多当代物理研究热点, 更为高新技术突破提供了知识准备.

上世纪初, 物理学的研究领域已涉入微观领域. 最早被详细研究的微观体系之一就是原子. 对它的研究, 最终导致量子论的建立. 作为普通物理教学的一部分, 原子物理课承载着让学生在定性、半定量程度上理解量子现象的职责. 本文拟介绍作者讲授“原子物理”的课程体系, 并阐述一般普物教材鲜少涉及的几个有趣知识点.

1 原子物理的课程定位

狭义地从字面上讲, “原子物理”的本意是研究原子体系运动规律的学科: 即主要研究核外电子与原子核(以及外界电、磁场)之间相互作用所表现出的现象和规律. 然而, 我国多数被称作原子物理以及相应的教科书实际上都包括了核物理和粒子物理的内容. 当然这多少有些历史上的原因. 自20世纪50年代我国学习(前)苏联, 高等教育某些课程也沿袭了苏联的课程名称^[1]. 勉强的解释可以说: 原子中包括原子核, 原子核中的核子又是由“基本”粒子组成的. 这样理解的原子物理可以看作是狭义原子物理的推广. 但从实质上来看, 将这门课程称为“微观物理学”或“近代物理学”似乎更准确些.

值得提及的是, 作为普通物理教学重要组成部分的原子物理学, 我们必须考虑它特定的内涵. 区别普通物理和理论物理的关键在于: 前者强调充分利用实验或定性(半定量)的方式处理复杂自然现象而归纳出自然规律, 而后者则根据物理定律利用严谨的数学手段演绎有待研究的特殊问题. 考虑到其他普通物理内容(力、热、电磁、光等)均未涉及微观领域的

量子规律,原子物理自然应该肩负起向学生透彻地介绍若干量子现象及规律的重任.简而言之,量子理论就是处理“ \hbar ”不能看作小量的物理,而原子这一系统就是人们最早认识到的量子体系.所以,目前这样一种介绍量子基本规律的普通物理课程拥有多个名称(如原子物理,量子物理,近代物理等)就不奇怪了.

微观粒子的运动大多是相对论性的.研究微观世界的现象和规律离不开狭义相对论,特别是能动量关系 $E^2 = c^2 p^2 + m^2 c^4$.目前的教材中有关狭义相对论的讨论主要是在普通物理(力学部分)和电动力学中讲授.只要课程安排得当,不一定需要在原子物理课程中专门介绍狭义相对论.

众所周知,普通物理教学应该是创新人才的一种基本素质教育.以普通物理风格介绍近代重要物理学成就和研究热点,理应包含在原子物理课中.原子分子物理、核物理、粒子物理、凝聚态物理等部分知识点应该是这门课的组成部分.

2 我的“原子物理”课

现行原子物理教材中大多以讨论“原子”为主体,而有关“核”、“粒子”及其他方面的内容介绍相对较少,甚至在讲课时删除.若以前节定位来理解原子物理(或从学生素质教育的角度考虑),这种局面很不能令人满意.因此,传统的原子物理教学内容乃有改善的必要.这一考虑有两重含义.

其一,是关于该课程教学各部分课时的分配.一般说来,目前有关“原子”内容的学时比例较高,而有关“核”、“粒子”的内容介绍得很少.而从学科发展来看,核与粒子方面的各类进展(包括应用广泛的核技术、较成熟的粒子物理标准模型等),使得它们应该成为学生素质教育的重要组成部分;这方面授课学时宜适当提高,而某些传统教学内容可适当精减.例如,关于旧量子论的部分内容可能只具有历史意义了;是否有必要讲得那么细,值得商榷.本人原子物理课授课学时大约平分为三部分:“量子论基础”,“原子”,“核与粒子”.此外还包括两次学生主导“讨论会”(毕竟学生之间的相互交流对其健康学术成长和创新意识培养的作用是无可替代的)和约50道作业题.选《量子物理》^[2]为主要参考书.

其二,是关于教学内容的更新与补充.上世纪及本世纪初有不少与量子理论相关的激动人心发现和热门研究课题;这些在原子物理课中体现出来,不仅是对重大科学进展的尊重,而且这些活生生的实例有助于提高教学效果.笔者主要从事天体物理研究;下面就从这个角度讨论几个相关的知识点以“抛砖引玉”.

3 简介几个知识点

天体物理学可以看作是研究地外自然现象物理本质的学科.根据已知物理规律去理解地外发现的事件,是天体物理学义不容辞的责任;而天体物理的真正魅力还在于从分析地球上难以实现的种种极端物理条件下出现的天文现象出发,探索和发现新的物理规律^[3].在不变动教学整体框架基础上以实例的形式穿插介绍天体物理中某些重要话题,启发学生的思维、开拓学生的视野,是可行的.

黑体辐射两例 量子论的诞生离不开黑体辐射.目前能够探测到最符合黑体特征的辐射

来源于天文观测：极低温宇宙微波背景辐射和中子星 X 射线热辐射。

双态系统 此系统在理解量子论基本精神具有特殊地位^[4]。以氦份子介绍等价双态系统是容易理解的，并且有助于认识轻子味混合及中微子振荡。

幻数 元素起源本质上是一个天体物理问题。除了恒星内部元素核合成外，大多数比铁重的元素是通过俘获中子或质子而产生，而某些元素丰度偏高正是源于俘获中子（r 过程与 s 过程）时中子幻数的存在。

中性流弱作用 目前流行的观点认为，星核塌缩型超新星的成功爆发离不开原中子星辐射出来的中微子被周围重核的相干散射（即中性流作用）过程。

夸克物质与夸克星 标准模型认为强子由夸克构成，而基本组分为夸克的物质称为夸克物质。夸克星可能是一种现实存在的低温致密夸克物质。

4 结语

原子物理课在培养创新人才中占有重要地位。在物理本科教育中，该课程肩负着从“经典”概念过渡到“量子”思维的重任。该课程中穿插相关现代热点研究课题，将有利于同学们提高学习兴趣、顺利地建立起“量子”直觉。

诚然，高校任何一门课程的教学内容及效果离不开主讲教师的个人兴趣和好恶。这里将笔者的体会和盘托出，以供相关课程讲授时参考或借鉴并更好地服务于原子物理课程的建设和完善。本人历年“原子物理”授课讲稿都公布于：

“<http://vega.bac.pku.edu.cn/rxxu/teach/atom/syllabus.pdf>”。

致谢 真诚感谢李守中教授多年来（特别是笔者从教初期）在“原子物理”教学过程中的耐心指导和无私帮助。

参 考 文 献

- [1] 史包尔斯基. 原子物理学[M]. 北京：人民教育出版社，1959
- [2] 赵凯华，罗蔚茵. 量子物理[M]. 北京：高等教育出版社，2001
- [3] 徐仁新. 天体物理导论[M]. 北京：北京大学出版社，2006
- [4] 费曼等. 费曼物理学讲义（第三卷）[M]. 上海：上海科学技术出版社，1989