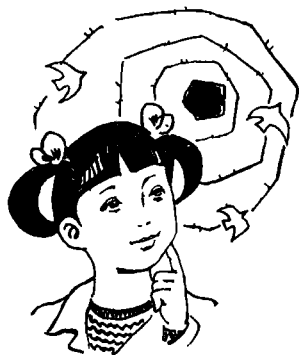


# “言犹未尽”——给学生以思维的空间

程民治

(巢湖师范专科学校物理系 安徽 238000)



在课堂教学中推广“言犹未尽”的传授科学知识的方法,是我国核物理学家杨福家教授所一贯倡导的.他在1985年出版的《原子物理学》一书的序言中,就明确地指出:“我们主张采取‘既讲清楚,又不讲清楚’、‘言犹未尽’的讲授方法.”事实上,杨先生为实践此教学法而身体力行.不仅在其所编著的原子物理教材中巧设迷宫,创立各种合适的问题情境,为任教者实施“言犹未尽”的教学法铺平了道路;而且在复旦大学多年的教学生涯中,他本人就是运用这种授课方法的楷模.

所谓“言犹未尽”,说得通俗一点,就是话不完全说完.显然,这种讲授方法是建立在教学内容的主和次、难与易、深和浅、生与熟的基础上.对于一些难度很大的知识内容或者关键性的概念、法则、原理和定律,教师必须力求讲深、讲透、讲清楚,但还得注意千万不可“和盘托出”,还得给学生留一点思考的余地、思维的空间.也就是说,对于其中教师所列举的一些针对性思考题,鼓励学生去思索,通过“答疑”,促进学生把知识转化为能力;对于一些难度较大的教学内容,教师则可以在讲清其基本概念、导出其基本公式之后,其“善后”工作让给学生去做,即把公式代表的物理意义、其间所隐含的条件及它们相互之间的内在联系,留给学生去思考、去讨论;对于教师认为学生经过自身的努力后可以掌握的知识或导出的公式,则可以启发学生自己去体验“温故而知新”的效果;对于某些章节之间知识内容的“不衔接”,教师可以有意识地留下一些“伏笔”,设立一些“悬念”,过一段时间随着教学内容的逐步深入,再作解答.如此等等.总之,“言犹未尽”教学法的核心是:

必须使教师有的放矢地“教”这个外因,通过学生主动活泼地“学”这个内因而起作用.

我在原子物理教学中曾对“言犹未尽”的讲授方法做过尝试,并取得了较为满意的教学效果,现仅以如下三个方面来加以说明.

## 一、在“言犹未尽”中巧解疑团

“疑团”即学生的思维障碍.在教学中,准确地把握它,切正学生的思维脉络,选择适当的点拨方法,是上好一堂课甚至是一门课的关键所在.

我们知道,微观体系不能直接观察,在日常生活中无从直接经验,因此对每一微观体系的描述,不可能都像宏观物体一样具有直观性;对众多微观体系的情况,尤其难以想象出一幅清楚的图象.因此,对于初学者来说,原子物理学中出现的许多概念,诸如波粒二象性、量子化、对称性等均成了学生思维的障碍.鉴此,我在多年的教学实践中,一方面,始终如一地采取“言犹未尽”的教学法;另一方面紧紧抓住原子物理课程现代化这个根本问题,大胆进行了教学改革.一破原先那种以玻尔理论为核心来认识微观世界规律的传统做法,而以量子力学的观点、方法来定性、半定量地认识微观客体的运动规律.不仅围绕着上述一系列新概念建立了一套新的课程体系,制定了一套新的原子物理教学方案;而且充分利用《现代物理知识》杂志这个“开阔眼界、启迪思维”的良师益友,适当介绍本学科的前沿(如“揭示物质结构之谜”、“物质微观结构的现代观念”、“从原子到夸克”等等),用本学科的新成果充实、更新课程的内容.

如,量子力学的基本观点是对微观客体的行为给出概率性的描述,这也是量子力学描述微观世界的新方法.我将其融会于原子物理课

程中,通过步步深入的讨论,使学生在“言犹未尽”中逐步理解与掌握它.首先,基于对众多实验事实的定性分析,使学生懂得:什么是微观客体的波粒二象性;对于微观客体,由于位置和动量无法同时确定,经典规律那种严格的因果描述必须放弃,这是微观客体本身的固有属性——波粒二象性所导致的必然结果.其次,通过对诸如电子束单缝衍射这样的理想实验的剖析,给出对微观客体行为的统计性描述,向学生反复强调这种概率性的观念正是由微观粒子的客观性所决定的.为了加深学生对这个问题的理解,还可以列举在一个简单的原子态(如氢原子或类氢离子的基态)下,电子在原子核外出现概率的分布图——电子云图象,来较为直观形象地说明对微观客体状态的概率性描述的初步概念.再次,讨论用波函数 $\psi$ 对微观客体的波粒二象性所作出的统一描述,并引出反映微观客体低速运动的规律的薛定谔方程.对于该方程的讲解,我把重点放在从求解薛定谔方程所得到的“粒子的各个不同状态的波函数和相应的电子云图象”上,借以帮助学生领会它们在表征微观粒子的状态中的意义,领会量子力学研究粒子运动状态的方法与特点.最后,我在讲完全书时,特意针对性地提出了这样两个问题:微观粒子状态变化遵从统计规律的还表现在哪些方面?量子力学对原子状态的描述与玻尔理论相比较有何异同?并要求学生在其中任选一题作成小论文,小论文所得分的20%计入学期总分.鼓励他们在写作时广泛参阅有关资料,尤其是他们自己所订阅的杂志——《现代物理知识》.

## 二、在“言犹未尽”中暗设悬念

所谓“悬念”,就是以学过的知识为基础,提出有趣的问题让学生去思考和研究,使他们自然而然地进入探索的情境之中,产生浓厚、持久、稳定的学习兴趣.

如我在讲解第二章“氢原子能量的相对论效应”一节时,曾留下了“伏笔”,提出这样一个问题:对于同一主量子数 $n$ 的那些原子状态,能量不简并,但这样微小的能量差别会在光谱上

产生什么现象呢?这个科学悬念久久地埋在了学生的心里,并成了他们刨根问底的学习动力.这个“谜底”一直等到我讲完第四章“碱金属原子和电子自旋”后才揭开.

为诸如此类的“伏笔”而暗设的“悬念”,还频频出现在其他章节之中,它们确实像磁铁般吸引着学生的好奇心,引发出一种积极向上的学习动力和生动活泼的教学场面.

## 三、在“言犹未尽”中创立情境

合适的问题情境指的是外部问题和内部知识经验条件的恰当程度的冲突,使之引起最强烈的思考动机和最佳的思维定向的这样一种情境;在课堂教学中创立这样的情境,乃是激发学生的求知欲望的关键.

如,我在讲清和导出碱金属原子双层能级的间隔公式

$$\Delta U = \frac{(\alpha Z)^4 m_e C^2}{2n^3 e(e+1)} \text{ eV}$$

以后,就给学生提出了这样一个问题,用上式计算氢的 $2P$ 能级的分裂很容易,但要计算钠 $3P$ 能级的分裂却很难?为什么?(提示:考虑静电屏蔽作用)由于给同学们创立了这样一个合适的情境,他们对这个产生了浓厚的兴趣,展开了热烈的讨论,终于找到了问题的答案.原来用上式计算钠 $3P$ 能级的分裂不很容易,主要取决于钠原子本身的结构,因为钠的原子核外有十个电子屏蔽着,以使最外层的那个价电子感受到的 $Ze$ 并非核的电荷,而是有效电荷 $Z^*e$ ;在上式中需用 $Z^*$ 取代 $Z$ .同时,按照实验测量值 $\Delta U = 2.1 \times 10^{-3}$ 电子伏,可以算出(其中 $n=3, e=1$ ): $Z^* = 3.5$

在教学实践中我深深地感受到:只有切实加强教学内容的现代化,紧紧围绕着原子物理学中所出现的新概念建立一套新的课程体系,并尽可能地结合教学向学生介绍原子物理研究的前沿和热点,才能使杨福家先生多年所倡导的“言犹未尽”的教学法,被运用得恰到好处,从而充分地发挥教师的主导作用和学生的主体作用.