

远看物理之美

——北京大学非物理学科物理教学体会

张 酣[†]

(北京大学物理学院 北京 100871)

摘 要 作者在北京大学讲授非物理学科学学生的课程《今日物理》的6年中,慢慢体会到讲授的特点,那就是从高处和远处看物理,对学生讲清楚物理学的基本轮廓、基本要点和发展脉络.从重要物理事件的发展看科学家如何处理问题,从科学家的言行看如何做研究.通过这些,让学生明白什么才是科学上重要的东西,培养学生创造性思维的方式.作者谨以文中的这些浅见求教于国内各位同行.

关键词 物理教学,历史,远看,基本要点,科学素养

Appreciating the beauty of Physics

——My experience in teaching non-physics majors at Peking University

ZHANG Han[†]

(Department of Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract During my six years of teaching “Physics today” to non-physics major students at Peking University, I have gradually come to understand the essence of instruction. That is, physics must be viewed from a high and long-reaching vantage. Students must be shown clearly the basic outline, fundamental points, and vigor of physics. By discussing some important events in the history of physics, we should let students understand how scientists deal with problems in their research, and from the statements and actions of scientists understand how to do research. By this means, we can make the students realize what is of the most importance in science, and train them to think creatively. Comments and criticisms from colleagues are warmly welcomed.

Keywords physics instruction, history, overview, fundamental points, scientific culture

2004年,给非物理学专业学生讲授《今日物理》课程¹⁾的高崇寿教授退休,学院要我接手这门课程,当时我十分犹豫.这门课程从物理系的角度来看比较简单,但是讲授内容广泛,对物理学的主要分支都有涉及,需要很宽广的知识面和对物理学的深刻理解.在不知道自己能不能胜任的情况下我勉强答应接替高崇寿教授.我大学毕业已20多年,而且在物理系一直讲授研究生课程,基础物理方面的内容大部分已经忘记.在不知道怎么办的情况下,我只好把大学的基础物理重新读了一遍,把现代物理部分也重新学习.好在高崇寿教授恰好出版了教材《今日物理》,使我有了一些信心.

我遵循高崇寿教授的原则,课程将尽可能系统地、完整地、准确地讲解经典物理学与近代物理学的主要进展和成就.包括基本知识、基本概念、基本规律和基本方法.讲授科学发展过程中的一些重要事件,同时又注入科技发展的新观点和方法,介绍物理

2011-02-23 收到

[†] Email: hanzhang@pku.edu.cn

1) 北京大学《今日物理》课程共分9章,目录如下:(1)物理学的普遍定律;(2)经典物理学;(3)20世纪初物理学的革命;(4)原子分子世界;(5)原子核、核能与核技术;(6)粒子世界探秘;(7)凝聚物理和材料物理;(8)纳米结构和纳米材料物理;(9)宇宙的结构和演化.

学的现代发展,使学生既能掌握物理学的基础知识,又能了解本学科的前沿课题和研究动向,提高学生的科学素质。

1 远看物理之美

这门课程覆盖的面很宽,从伽利略、开普勒、牛顿时代一直到现代的物理学发展都要涉及.不用很多数学,又要把物理内容清楚地、准确地、深入浅出地讲解清楚,使不同学科的学生都能从这门课的学习中学到清楚准确的物理学知识,培养和提高物理学的科学素养,这几年我的体会是,把那些支配自然界规律的基本概念和知识讲清楚,让学生远看物理学,而不太关心其中处理逻辑关系的技术或技巧.这样的讲法虽然简单,但是学生对物理学的基本框架容易清楚和理解。

这里以量子理论为例,量子力学是学习物理学的难中之难,主要在于它的基本概念和我们日常生活的经验不符,处理方法复杂,不像经典力学.玻尔甚至说:“谁要是不为量子论感到困惑,那他就是没有明白量子论”.要清楚地了解量子论,达到用其解决问题的程度,需要花费很长的时间,而我们只有几个小时的授课.所以,我采用把量子理论中的几个主要问题按学科发展的顺序讲解清楚的方法,让学生简单明了地了解量子论的基本观点。

先从紫外灾难引出能量发射的量子观点,即:

(1) 紫外灾难. 经典理论认为强度决定紫外发射,量子理论认为频率决定紫外发射。

然后讲解量子论的几个主要观点,即:

(2) 普朗克的量子假说,爱因斯坦的光电效应,玻尔的原子理论,德布罗意的波粒二向性。

再引出量子力学的基本方程——薛定谔方程,即:

(3) 薛定谔方程:

$$\frac{-\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi+U(\mathbf{r},t)\Psi=i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t}.$$

然后再讲薛定谔方程的基本物理意义解释,即:

(4) 波恩的几率波解释:

$$d\omega = \Psi\Psi^* d\tau.$$

最后强调量子论十分重要的一个观点——测不准关系(这个关系虽然在学习过程中不一定比前面的内容难,但是对于理解整个物质世界或者宇宙起源有十分重要的意义),即:

(5) 海森伯测不准关系:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar, \Delta E \Delta t \geq \hbar.$$

那么,这种简洁的讲法能否给学生一些物理的基本知识,使学生对物理规律有一定的理解呢?还是让我们先看一个学生的来信:

“我觉得我上《今日物理》课的收获不仅仅在于物理知识本身方面,而是这门课真的让我一次又一次的从纷繁的公式推导运算中解脱出来,远观物理学的美,真的是每一次都使我更加深了对物理学的热爱,从而坚定了我战胜平时学习中困难的决心,这是最重要的.由衷地感谢老师”。

物理学虽然看起来很难,但是其中的基本规律却不复杂.我喜欢用牛顿的一段话来说明支配自然界的规律是简单明了的:

“除了那些真实而已足够说明其现象者外,不必去寻求自然界事物的其他原因.自然界不作无用之事……,因为自然界喜欢简单化,不爱用什么多余的原因夸耀自己”。

——引自牛顿《自然哲学的数学原理》一书

爱因斯坦也一直赞叹自然的质朴之美:“物理定律的美,就是它们所具有的那种难以置信的质朴性”.费因曼也说:“大自然具有一种质朴性,因而非常优美”。

其实,我们物理学家所做的研究和所追求的目的,不就是希望发现自然界这些最本质而又质朴的规律吗?那就让我们的学生也从这方面开始了解物理学吧。

2 通过历史事件不仅让学生知道科学的发展,还知道如何从简单的现象出发得到重要的科学结论

有人说,“科学给人以知识,历史给人以智慧”.对科学事件历史的分析的确可以让学生知道科学研究的思路,启发他们的创造性.所以在授课时,在有些重要的科学发展方面,我采取一边讲授知识,一边分析科学发展历史的方法.例如,在讲授对原子结构认识时,采取通过对原子结构的逐步认识,学生可以看到科学家对事物的认识是如何逐渐趋于正确的,是如何正确地分析结果的。

1909年,盖革和马斯登第一次观测到 α 粒子束透过金属薄膜后在各方向上散射分布的情况.其结

果中居然出现少数意料不到的大角度散射,他们观察到散射角大到 150° 的 α 粒子. 这是一个并不复杂的实验,但是仔细分析却说明原子中的正电荷集中在一起,不像汤姆孙所说的原子结构像葡萄干布丁一样,正负电荷混合在一起,于是就有了卢瑟福的有核模型:

原子的中心部分是一个半径大约是 100 万亿分之一米的核.

原子的全部正电荷和绝大部分质量集中在核上.

电子分布在核外半径约为 100 亿分之一米,即 1\AA 的区域内.

现在我们知道了原子的大概结构,正电荷在中心,负电荷在外围,进一步的结构是什么呢?电子在核外是如何运动的?遵从什么规律?于是就有了 1913 年丹麦物理学家玻尔提出的氢原子模型理论,等等.

由此让学生知道科学家如何从这些并不复杂实验结果的分析中得到重要的科学发现.其实,科学上很多伟大的发现都不复杂,只是发现者相比于其他人有敏锐的感知力而已.与此同时,我也告诉学生,在现代物理学中还有很多不确定的结论,例如,宇宙之大,我们人类对其的理解还非常肤浅.又如生命的起源和过程也是我们理解非常粗浅的一个领域.就是在一些传统的领域,我们对其理解也都非常有限,例如高温超导体,从发现到现在已经 25 年,我们对其机理仍然没有清楚的理解.正如霍金说的:“科学理论只不过是我們用于描述自己所观察结果的数学模型,它只存在于我们的头脑中(摘自霍金的《时间简史》一书)”.科学上未知的东西还很多,以此来激发学生的创造热情.

3 通过科学家的言论,告诉学生什么是科学研究中的要点

每次课程开始前,我都给学生列出一段科学家对科学的认识论述,称之为“科学格言”.让学生通过这些认识到什么是真正的科学研究,什么是创造.例如,在第一次课程开始前,为了让学生知道物理学研究中什么才是最重要的,我引用了爱因斯坦和贝弗里奇的一段话:

“绝不能用归纳法来发现物理学上的基本概念.

19 世纪许多科学研究者不认识这一点,他们最基本的哲学错误就在于此.……我们现在特别清楚地认识到:那些相信归纳经验就能产生理论的理论家是多么的错误”!

——爱因斯坦

“哲学家以及论述科学方法的作者们的一个常见错误是,他们误认为,系统地积累了资料,最后根据简单的逻辑作出结论和概括,这样就作出了新发现.而事实上,可能只有个别的发现是这样作出的”.

——贝弗里奇(英国剑桥大学的生物学家,以他的《科学研究的艺术》一书而著名.)

爱因斯坦和贝弗里奇明确告诉我们,科学上重要的发现都不是靠推理和归纳,创造性的思维才是最重要的.那么为什么物理学有如此严密的逻辑?第二次课我还是用爱因斯坦的话来作了回答:

“在建立一个物理学理论时,基本观念起了最主要的作用,物理书中充满了复杂的数学公式,但是,所有的物理学理论都是起源于思考与观念,而不是公式.观念在以后应该采取一种定量理论的数学形式,使其能与实验相比较”.

——爱因斯坦

我发现在这方面,国内很多著名大学都以学生的基础扎实为傲,我自己对学生的赞扬就经常使用“基础扎实”这个表达.其实基础扎实并不是学习的目的,学习的目的是为了创造,只是学会别人创造的知识,自己没有创造知识的科学家是不成功的.所以,只学习课程中的逻辑关系,不注重思考是不会对科学有贡献的.很多学生学过一些物理基础课程之后,喜欢从几个基本定理出发进行数学推演,这种做法无疑是本末倒置.

我发现这些科学格言虽然简短,每堂课只用短短的几分钟,而学生得到了不少启发.有个学生对我这样写道:

“我对物理很感兴趣,但正如您所说,如果总是沉浸在数学推导中是没有办法享受物理的,所以我选了您的课,打算从远处,从心灵里欣赏它!其实我觉得上这门课最大的收获是您每次课给出的格言,虽然寥寥几十个字,但是含义丰富,让我明白了或者说基本懂得了以后做科研工作所要具备的素质.所以……真诚地感谢您一个学期的教诲”!

4 讨论

大学到底应该教学生些什么呢?教学生去适应

社会的现状,还是坚守科学的纯真?其实这些都可以在教师的具体讲授中得到体现,即使你是在讲授自然科学的知识.

近年来教育界应试教育占据上风,学生以分数为至高的追求目的.学生到大学就追求绩点,因为绩点和推荐研究生、就业等很多方面都有关系.很多学生失去了追求知识的原始热爱.教育和经济发展的落差,就有了所谓的“钱学森之问”.如何解决这个问题?我想我们每个教师都有责任,我们需要引导学生真正地热爱科学,而不是成绩.有个学生来信这么说:

“我非常高兴这一学期能够选修您的《今日物理》课程,我觉得收获最大的就是每次上课听您对物理学精妙的评价和总结以及您自己对科学研究的看法和思想.相比于知识,您每次和我们关于您研究中的体会的分享总是更加让我受益匪浅.在学术的道路上,我总觉得自己和身边的一些同龄人颇有些越发浮躁的趋势.越来越多的时候,我们开始更多关注结果,关注科研中发了几篇文章,而时常冷落了自己对物理本身那种原初的热爱.然而,每周四的中午听您两个小时的课后,我总感觉自己的心灵经过了一

次洗净,浮躁的尘土散去,又可以踏踏实实安安静静地做事了.谢谢您带给我的知识和精神上的开悟,让我在浮躁的三年级下学期生活中还能坚持学习,坚持思考”.

学生学到一些东西,总是让我感到欣慰.几年来,我是在孜孜不倦地准备自己的课程,我原以为目的主要是为了学生能够学到东西,听得清楚.几年后,蓦然回首,却发现原来主要是出自于自己对科学的热爱.

我发现有一些物理系的学生选修这门课程,而且十分认真听课,他们说自己收获甚多.很多在物理系学习的学生,对物理学的兴趣并不是很浓厚,如果在他们一年级时,开设一门“物理学导论”一类的课程,让学生对物理学的轮廓有所了解并产生兴趣,说不定对他们以后的学习很有帮助.

致谢 作者感谢北京大学的朱星教授和香港中文大学的林海青教授关于本文英文题目十分有启发的讨论.用英文确切表达6个字的中文题目曾经难住作者,多得两位朋友的讨论,才有了比较确切的表达.