

物理不是应用数学

——关于大学物理教学的思考

杨艳芳 齐美彬

(合肥工业大学理学院普通物理教研室 合肥 230009)



大学物理是理工科大学生的必修课程之一,校方、教师与在校大学生对它的基础性和重要性都有十分清醒的认识。但是大多数学过或正在学习大学物理的学生却普遍反映大学物理枯燥乏味,因而缺乏学习兴趣与动力,仅仅为了几个学分而被动地应付。这种现象与大学物理重要基础课程的地位严重不符,何以物理课程给部分学生的印象如此不堪?深入了解之后不难发现:他们大多觉得大学物理等于各种晦涩抽象的公式、概念的堆砌,加冗长的理论推导和机械的数学处理;换言之,物理已经降格为应用数学,物理思想、概念、图像等真正重要的物理学实质则被放到次要的地位,这种观点甚至在教师群体中也颇有市场。我们只有走出这个误区,还物理学的本来面目,才能真正确立大学物理的重要地位。本文拟从以下几个角度加以分析、探讨。

物理学发展至今,分支繁多,各个分支都有各自完整的系统化的理论体系,要在相当有限的课时内相对完整地介绍物理学的主要内容,无论是教材的编写还是教师的课堂讲授都必然十分简练,不可能对每一细节都详加分析。但是这在某种程度上容易导致另外一种倾向:精简保留下来的多半是高度提炼之后的纯理论及相应的数学表达式和推导过程,它们占据了教材的大部分篇幅和课堂的大部分时间,至于理论在生活实际中的体现和其他物理背景则很少涉及。物理课在理论和公式之间干巴巴地兜圈子,就好比一个活生生的人,没有了血肉,只剩下孤零零的骨架,令人没有认同感、亲切感,自然产生不了兴趣。

实际上物理学所揭示的物质运动的基本规律不是物理学家凭空想象出来的空中楼阁,它们在自然

一、联系生活中的生动事例,增加感性认识

(美国物理协会网站 <http://www.aps.org>)

主要栏目和内容包括物理期刊、物理资源、物理教育、物理日历等。其中,物理期刊中主要包括美国物理协会主办的各种物理期刊,所有文献均可全文查阅;物理资源主要链接美国和欧洲的主要物理资源;物理日历可以了解物理会议动态;物理教育是了解美国物理教育的窗口,以便更好地比较中美物理教育的异同。

European Physical Society World Wide Web Server
for the EPS(欧洲物理协会 <http://www.nikhef.nl/pub/eps/epsa.html>)

主要栏目有欧洲物理学家、物理教育部、欧洲大型物理设备、物理工作信息、普通物理信息等。

物理教学问题解答

(<http://math.ucr.edu/home/baez/physics>)

交互式网站,既可以对物理学中一些问题提问,也可以发表自己的看法。

其他网站

American Center for Physics(美国物理中心

15卷5期(总89期)

<http://www.acp.org/>)

Physics Reference Data(物理参考数据网站
<http://physics.nist.gov/PhysRefData/>)

Universities Worldwide(世界各国大学 <http://geowww.uibk.ac.at/univ/>)

The Physics Teacher(美国物理教师杂志 <http://ojps.aip.org/ajp>)

The Physics Classroom(物理教室 <http://www.physicsclassroom.com>)

Contemporary Physics Education Project(当代物理教育
<http://www.cpeweb.org/>)

Physics Education(物理教育 <http://physed.rpi.edu/dept/phys/education.html>)

Physics Education Research Group(物理教育研究
<http://www.physics.umd.edu/perg/>)

Science Netlinks(科学在线 <http://www.sciencelinks.com/index.html>)

The Noble Channel(诺贝尔频道 <http://www.noblechannel.com>)

界、在现实生活中无处不在,如果在教学中适当列举生活中的生动实例,使学生眼中的物理变得丰满生动、贴近生活,不但可以增加感性认识、激发兴趣,还可以使学生学会将枯燥抽象的理论与丰富的物理现象和事件联系起来,培养动手解决问题的能力。以力学为例,身边的事例比比皆是,课堂处理时可以从生活中的各种机械运动现象入手,引导学生找出规律,上升到理论,再回到实际中去运用,深入浅出,比单纯地讲解定律效果自然要好得多。

另一种联系实际的方法是适当介绍物理学的发展前沿及其在现代科学技术中的应用。如在讲授牛顿力学之后,可自然地介绍牛顿定律所体现的机械决定论,再引申到决定论面临的严重挑战——混沌现象;在讲述熵的概念时,可引导学生了解该概念在现代社会中的广泛内涵与应用;讲述波动光学时相应介绍全息照相技术等等。这些知识不必讲解过深,点到即可,目的是开阔学生的视野,培养他们开拓进取的精神,使他们认识到物理学不仅是古老的,也是崭新的、具有强大生命力的科学。

二、强调物理概念,淡化数学推导

在学习物理学的过程中,物理图像的形成是非常重要的,它们正是物理学区别于应用数学和其他科学的本质特征。但是由于长期受到苏联模式的影响,目前相当多的物理教材存在一种理论化的倾向:追求体系的完整性、严密性,强调公式的重要性,喜欢用公式加上严格的数学逻辑推导来说明问题,将物理概念放到次要的地位;同时,也造成内容与中学物理和理论物理都有不同程度的重复。这样一来,物理教学的大部分时间都用来推导公式和反复的数学运算,虽然逻辑严谨,却掩盖了背后的物理性质与意义;长此以往,学生也容易形成一种思维定势,一碰到问题就喜欢套公式,埋头计算,纠缠于细枝末节,物理的“味道”丧失殆尽。

为了强调对物理概念的理解,我们可以学习国外的做法,即把概念放在第一位,有时候为了使学生掌握基本概念的物理意义,可以适当放弃理论体系的严密性与完整性。美国著名物理学家费恩曼曾经说过:对学习物理的人来说,重要的不是如何正规严格地解微分方程,而是能猜出它们的解并理解物理意义。可以看出,费曼非常强调一个问题所反映的“物理”的内涵,而不是具体的逻辑推演与解方程的过程。比如在教授狭义相对论部分时,国内惯常的方法是以洛伦兹变换为重点,再由该公式出发,经数

理推导得出时间膨胀、长度收缩效应,强调公式推导而忽视了对物理意义的理解;国外一些教材用直观、易懂的例子简单推出长度收缩、时间膨胀效应,强调光速不变原理与这两个概念,而对洛伦兹变换采取选学的方式。这种淡化推导、适当舍弃系统严密性的做法可以节省大量的时间来加强对物理思想、概念的理解,同时也可缓解目前教学内容多而课时严重短缺的矛盾。

另外在教学过程中,可根据教学内容适当穿插介绍一些定性与半定量方法,如估算法、对称性方法、量纲分析、建立模型等等,有意识地训练学生在投入计算之前学会思考问题、分析问题,通过这些手段来达到对问题的性质、呈现的物理图像有一个全面的、总体的理解;这样坚持锻炼下去,对培养物理直觉和洞察力、掌握物理概念、思想的都是大有裨益的。

三、提供历史背景,培养科学思维能力

物理学的发展历史非常悠久,大学物理课程的主要内容——经典物理部分已近于完善,传统的教学模式倾向于将成熟的科学理论神圣化、教条化,教师充当传输者的角色,负责将高高在上的、神圣不可侵犯的物理学规律输送给学生,学生的任务只是被动地接受,这种机械、教条、非科学的学习,难以达到对物理学本质的真正理解,也不利于培养辩证科学的思维方法。

我们可以将教学内容放回到历史框架中,有目的地选择一些物理学发展史实,介绍物理学家在发现规律前后的历史背景、遇到的困难、采用的手段、思考的方法、后人的修正等等,这样的讲述可能会占用一些时间,但带来的益处是多方面的。

首先,可以给抽象枯燥的概念、规律以生动的活力,使学生循着历史的足迹,在自然亲切的感受中接受熏陶,了解物理学思想的发展、演变过程,帮助他们更准确深刻地理解物理学基本概念与规律。

再者,从大学物理的教授对象来看,非物理专业的理工科大学生日后并非要成为职业物理学家,对他们而言,物理学家的思维方式和研究问题的科学方法比具体的公式更为重要。一个个生动的物理史实可以使他们明白无论怎样艰深的科学理论都是人创造的,而科学家之所以成为科学家,正是因为他们不迷信、不盲目崇拜,具备可贵的怀疑精神和批判精神,以及辩证的思维方式、科学的方法手段和百折不屈的探索精神。这些感受和体会会对学生起到潜移默化的作用。

(下转第47页)

现代物理知识

再往小里做,在科学规律和制作技术上又会遇到什么问题呢?0.13微米工艺的栅是70纳米宽,电介质厚度是1.5纳米。90纳米工艺时,栅缩小到50纳米,电介质减到1.2纳米。45纳米和32纳米工艺时还要进一步减小。当晶体管变得更小,连线变得更短时,经典电子学还能预测晶体管和连线的行为吗?少数电子会不按经典电子学规律的约束,跑到不属于它们的区域。在晶体管较大时,状态的变化是上万亿个电子的行为,少量电子的异常行为影响不大。当晶体管很小时,改变它状态所需的电子数目就很小了,异常行为的电子数量与改变状态所需的电子数量相比,就不能忽略不计了,这时,概率论和量子力学将起到重要作用。到那时,计算机的基本运行介质又会是什么呢,它的基本运行方式和规律又是什么呢。是光计算,量子计算,还是什么别的方式?

世界上许多科学家都在努力研究量子计算机技术。在量子计算中,信息不是存储在晶体管中,而是存储在量子系统中。例如原子核的自旋,“向上”旋转可能代表“1”,“向下”旋转代表“0”。有消息说,MIT媒体实验室研究小组已经在一个7个原子的分子上制造了量子计算机,每个原子的自旋都代表不同的量子位,该系统可以同时存储27个不同的数字,通过利用电磁脉冲操作控制原子的自旋,研究人员可以一次执行128个不同的运算。但是这仅仅是非常初步的结果,到实际应用还有很长一段路要走。这里不仅有量子系统中如何能够精确地保证每个原子核的排列成理想状态和操纵状态的问题。还有量子系统与传统世界间如何交换信息等问题。

要把计算机做得更快,除了把它的部件做小,还采用了许多其他技术,把日常生活生产中所采用的加快速度的许多做法移植到计算机设计中。例如,利用多个处理机进行并行计算、网络计算等。将多个处理器按不同任务分工,根据不同的任务,进行特殊设计,做成不同的部件,各司其职,例如专门处理

图形显示的芯片。根据工业生产上流水线作业的思想,采用多级流水线技术,还有超线柱技术,多级存储器等等。除了提高各部件的处理速度外,还要解决部件之间信息传递的速度,否则有些部件就会停工,等待信息,不能发挥其高速功能。因此,出现了各种高速总线技术,提高各部件间接口的信息传递速度等等。

至于“大”,主要是指存储器的容量要大。存储器的任务有两个,一是存储各种各样的信息数据,另一个是存储各种软件,包括系统软件和应用软件,它的容量是越大越好。但是光是容量大还不够,在计算机运行时,它的读写速度还要快,这也要求每一存储单元的体积越小越好,单位面积的存储容量和存储器的总容量越大越好。为了解决存储器容量要大,读写速度又要快的矛盾,人们想出了多级存储,虚拟存储技术。一般来说,分为三级,即外存、内存和高速缓存。内存和高速缓存多采用半导体技术。半导体存储器读写速度快,但价格高,容量不能太大。把当前运行需要的数据和程序,按轻重缓急放在高速缓存和内存中,暂时不用的数据和程序放在外存中,需要时再调入。外存目前多采用电磁技术,即所谓硬盘,可以做得容量很大,体积很小。最早的PC-XT上的硬盘只有10MB,现在的3.5英寸的硬盘可以做到上千个MB,今后硬盘存储容量将以TG(即1000GB)来计算。光盘的存储容量虽然大,但其读写速度慢,特别是写速度,目前多用在固定存储中。存储技术将怎样进一步发展?据说已经有人在开展全息存储技术的研究。

随着科学技术、信息技术的发展,要求计算机的运行速度越来越快,存储容量越来越大。“快”和“大”仍然是计算机今后发展的两个基本要求。过去计算机的发展是依托物理学发展的成果,今后物理学的发展也必然为计算机向更快更大方向发展提供坚实的技术基础。

(上接42页)

在科学技术发展的进程中,物理学无论在过去还是现在都始终处于主导地位,将来仍然不会改变。大学物理课程决不仅仅是高等数学的物理应用,它承担着重要的教育任务:一方面为学生提供系统的、

必要的物理基础,为后续课程的学习做好准备;另一方面帮助培养学生科学的思维方法和研究方法,促进能力的全面发展。我们应该转换思想,从各方面积极努力,激发学生的兴趣,发挥大学物理课程的重要作用。