

论工科物理教育的现代化

邓 明 成

(湖南大学物理教研室 长沙 410082)

国家教委多次指出:物理教学对工科学生的培养非常重要,物理课程一定要改革.本文想对此谈些初浅看法.

一、教育是“兴国”的基础

“科教兴国”是我国的一项战略方针.实现这一方针,就是要发展科学,发展教育,造就一支宏大的科技人才队伍和提高整个中华民族的文化科学素质.国以教为本,人以学为本,教学是国家的根本.

发展科学和教育,特别是发展物理学及其教育,是一个国家强盛的基本因素.16世纪到20世纪初欧洲的发展,特别是英国的发展,是一个很好的证明.从16世纪开始,欧洲各国的大学教育已十分普遍,学校还设有实验室和研究所,从事自然科学的教育和研究,对学生实行学位制(分为学士、硕士、博士三级),对教师实行教衔制(分为讲师、教授、院士三等).这种教育制度极大地推动着欧洲科学和技术的发展.如英国,相继出了牛顿、焦耳、法拉第、麦克斯韦等一大批世界一流的物理学家和发明家.英国是那个时代最强大的国家,这与它拥有世界最先进的教育制度和科学技术是密切相关的.

更值得一提的是日本“明治维新”以后的发展.19世纪初日本开始向西方学习.1872年,日本创建了学校体系.当时的著名教育家福泽渝吉强烈希望重视物理学,他认为物理学

有效的教学系统必然是一个良好的信息反馈控制系统.要实现教学质量的最优化,就应该充分发挥系统的整体功能,就必须对教学系统进行有效的信息反馈控制.对教师来说,通过作业的批改、课堂提问、课后答疑等等随时可获得反馈信息,从而去掌握教学现状与教

是西方文明的基础,早在1868年他就根据英美教科书编了一本供日本人学习的物理书.在他的影响下,日本文部省改变了教学计划,于1886年削减了纯理论知识的教学时间,增加了应用科学知识的教学时间.第二次世界大战以后,日本首先致力于发展教育,通过了基本教育法,制定了“6,3,3,4”的教育制度,推行9年制免费义务教育,把自然科学课程增加到战前的5倍使之趋向于欧洲和美国,小学生上初中的比率由1935年不足40%增加到1975年的94%.90年代初高中上大学的比率已达到94%左右,从而极大地提高了日本民族的科学文化素质.这样,在1872—1972年的一百年里日本的工业化成功地增长了3倍,80年代末实现了科学技术和经济腾飞,成了世界上仅次于美国的第二经济大国.

最后从教育的角度谈一谈“第三次世界大战”的问题.有人认为,21世纪的“世界大战”是经济战、贸易战、科技战和人才战,战争的基本方式是竞争,竞争取胜的基本因素是教育.当今世界各国,尤其是发达国家,都在致力于教育改革,就是为了迎接21世纪的挑战.对处于“发展中国家”的中国来说,更应当如此.

二、物理教育是科学技术教育的基础

自然科学,包括基础科学和应用科学.技术则是应用科学转化为实际生产力的部分.基础科学是比较稳定的科学,是应用科学的母体.

学目标之间的差距,去解决难点与关键,去调整教学的速率,去改进教学的方法.因此,作为物理教师应重视教学效果的评价与信息的反馈,使其成为控制教学、优化教学的手段.

上述四种控制贯穿于整个物理教学过程之中,它们相互依存、相互作用、相得益彰.

应用科学是变动较快的科学,是衍生很快更新也很快的科学.技术的更新换代则更为频繁.统计表明,世界的知识量呈几何级数增加,增加最多最快的是专业知识,陈旧老化最快的也是专业知识.有人预测,在科学技术高度发展的当今世界,每隔 10 年将有 1/3 的旧知识、旧技术被淘汰.被淘汰的旧知识,主要是专业知识.因此,加强基础科学的研究和教育,是关系到人才培养的质量、应用科学和技术是否具有坚实基础,我国在世界未来的竞争中具有何种能力和地位的头等大事.

基础科学的基础是物理,应用科学的基础是物理,工程技术的基础还是物理.物理教学的发展水平,是衡量一个国家科技实力的重要标志.杨振宁从“科学发展→技术发展→经济发展”的循环规律出发,满怀激情地说:“我对中国物理学在 21 世纪的发展前景是极为乐观的.……我坚信 21 世纪的中国将是物理学大国.”中国只有在 21 世纪成为物理学大国,才能成为科技强国和经济大国,才能真正做到“屹立于世界民族之林”和“对人类有较大的贡献”.

有人认为物理学是带头的学科,革命的学科.这是很有道理的.因为物理学发展的每次重大突破,都引起了一次工业大革命.第一次是 17、18 世纪,牛顿力学的建立和热力学的发展,有力地推动了其他科学的发展、蒸汽机的制造和机械工业的发展,引起了第一次工业大革命——实现了工业生产的机械化.第二次是 19 世纪,在法拉第-麦克斯韦电磁理论的推动下,成功地制造了发电机、电动机、各种电器和电讯设备,引起了第二次工业大革命——工业生产的电气化.这两次工业大革命都发生在欧洲,策源地是英国,所以欧洲尤其是英国就空前强大起来.第三次是 20 世纪以来,由于相对论和电子力学的建立,人类的认识深入到了原子核的内部结构和基本粒子这一层次,实现了核能和人工放射性同位素的利用,促成了半导体、核磁共振、激光、电子计算机等新技术的发明,推动了材料科学、宇宙科学、生命科学等许多科学的发展,引起了第三次工业大革命——

核能的利用和工业生产的自动化.目前,物理学家将研究的眼光转向耗散结构、混沌、超导、等离子态和非线性物理,若能取得重大突破,将在 21 世纪引起第四次工业大革命.

物理教育是科学技术教育的基础.西方发达国家历来重视物理教育.

中学物理教育以英国为例.初高中物理课的知识水平明显高于我国.如初中力学有矢量、力的合成与分解等内容;高中光学有光的干涉,衍射和光栅;近 10 年来的新型教材,实验和思考的问题很多,基本上以学生的手脑活动为中心进行安排,不追求科学的严密性;在课堂教学上,实验占有非常重要的地位,物理课全部在实验室上;几乎每节课都有学生实验;非常重视学生探索能力的培养,如理科物理教材(高中升理工科大学的学生用的教材)基本上是以一个个专题研究组成的,它的指导思想是以学生为中心,通过学生自己的活动来获取知识并达到各种教学目的;教师还经常在课堂上指导学生进行一些综合性研究,由学生自己设计实验,自己做实验,自己写报告.这样培养出来的学生,其研究能力和创造能力是很强的.

西方发达国家如美、英、法、德等的工科物理教育有三个特点:(1)不分理工,工科基础物理的教学内容与物理专业没有区别;(2)大学一、二年级不分专业甚至不分系,都学基础课(包括数学),其中基础物理课学时最多,估计一般在 500 左右(包括实验课);(3)实验物理的特征非常明显,如德国把基础物理称为“实验物理”,详细地介绍验证了物理定律或演示物理现象的实验,规定了必做的演示实验项目名称约 100 个,并把演示实验规定为必讲和口试内容.

我国工科物理学时最多不超过 200(包括实验),与发达国家相比就显得不足了.

三、工科物理教育改革的方向是现代化

工科物理教育是整个工程教育的基础.21 世纪的工程技术应当是用高科技武装起来的,自动化程度很高的现代化工程技术.只有这样才有竞争力.现代化的工程技术要求工程教育

现代化,工科物理教育则应率先现代化。

物理教育要现代化,是1993年7月广东肇庆“第三次中、美、日物理教育研讨会”达成的共识。罗蔚英在学术总结报告中说:通过这次会议,与会代表认识到当前国际上物理教育改革的共同趋势,无论在教学内容和教育方法上都必须朝“现代化”的方向努力:(1)物理教学内容和物理前沿知识以及现代高科技相结合;(2)加强物理概念的教学以及思维方法和实验技能的训练;(3)充分发挥现代化教学手段的优势,改善教学方法。这次会议影响广泛,遍及五大洲的许多国家。

我国工科物理教育的现代化显得更迫切:

1. 工科物理教育本身存在着“三大距离”:(1)教与学的距离。在1995年8月南京的“国际物理教育学术研讨会”上,一位德国著名教授送给大学组每一位中国教师一支铅珠笔,笔上用中文刻印了这样三句话:“教学——不是照搬课本,满堂灌;学习——不是死记硬背,满堂抄;理解——不是记住公式,考满分”。这三条看起来虽然有些刺眼,但它确实是我国工科物理教学中较为普遍存在的问题。(2)理论与实际的距离。教学缺乏实验特色,“粉笔+嘴巴”、“概念+数学”的教学方式还较为普遍地存在着。正如杨振宁指出的那样:“中国的物理学教来教去有一个倾向,觉得物理就是逻辑”。(3)经典物理与近代物理之间的距离。我国目前大多数工科物理教材,仍然采用“力、热、电、光、近代物理”的条块分割的组合结构,经典物理占了80%以上而且内容比较陈旧,不足20%的近代物理,由于许多学校不给足学时(140),上起课来往往都被挤掉了。这三大距离与工科物理教育的现代化是格格不入的。

2. 形势所迫。这里讲的形势是指国际教育改革浪潮。美、英、德、法、日等发达国家对教育改革抓得很紧,我国不跟上去就会被动挨打。以美国为例。第二次世界大战以后,美国进行了两次重大的教育改革。第一次是60年前后,原因是苏联的卫星上了天,美国的卫星没上天。改革的排头兵是物理,形成了以微积分为基础

的大学物理课程体系,用先进的数学工具去深化物理学的基本概念和原理,取得了很大成功。第二次是80年以来进行的工程教育(包括大学物理)改革。原因是日本、德国、亚洲“四小龙”的科技和经济腾飞对美国带来了严重的冲击。改革的总趋势是“回归工程”,即建立“大工程观”的教育体制。概括起来就是:(1)由重视单纯的技术教育转变到重视大系统教育(包括市场信息、经济核算、企业管理等)。(2)由比较重视理论教育转变到加强工程实践能力的培养(包括课程设计、实习和用一年跨度的时间完成一项工程项目的设计)。为此,许多学校把学制由4年改为5年,最后一年主要用于学生的工程实践训练。(3)把某些单一的课程组合成整合型课程,即用大系统观组织新的课程体系以加强工程教育的综合性。(4)把单纯的传授知识转变成培养学生的学习能力和建立终身学习的观点。(5)设立工程师资格认可委员会评价专业学生是否具有工程师的申请资格。获得申请资格的学生还要通过两次考试(毕业时8小时的理论为主的考试和工作四年后8小时的专业设计考试)合格后才能获得工程师执照。只有获得工程师执照的人才能被社会所承认。美国的物理教育改革是由美国物理学会、美国物理教师协会组织的,以制定并实施“大学基础物理规划”为中心,确立了四项原则:(1)内容总量和学时总量要减少。(2)课程内容的各个部分应由一条线串起来。(3)现代物理应当是课程内容的重要部分。(4)应当满足学习基础物理课程的各类学生的需要。在这四项原则的指导下,美国大学物理改革的主要趋势是教学内容和教学方法的现代化。在内容现代化方面出现了多种模式,其中很有代表性的有三种:(1)在原来体系(力、热、电、光、近代物理)的基础上,增加现代物理(包括物理学前沿知识)及其应用的内容,同时削减经典物理的内容。哈里德等三人合著的《物理学基础》(第四版)等多种流行教材属于这一种。(2)将近代物理的内容融合到经典物理中去,用近代的方法讲述经典物理。(3)不分“经典”和“现代”,用“六大概念”覆盖整个物理学,

即以六大概念为主线组织新的物理课程体系。这六大概念是：①物理定律是普适的；②粒子(质点)相互作用遵守各守恒定律；③某些物理量是相对的，但物理定律是绝对的；④场是运动变化着的；⑤物质具有波粒二象性；⑥某些能量的流动是不可逆的。在方法现代化方面强调了两项原则：(1)只要能办到，物理概念应首先从实验引出。(2)大力推行现代教育技术。以1990年制定的《电磁学教学大纲》为例，把学时由原来的36减少到26，授课方式强调以实验为中心，强调现象在电磁学中起“关键作用”。

美国的这一场改革已取得丰硕成果，如此培养出来的学生普遍受到各企业的欢迎。他们的经验对我国很有参考价值。

3. 国家教委制定的“面向21世纪工程教育教学内容课程体系改革计划”(以下简称《计划》)，确定了四项目标：(1)要使学生的素质和知识结构适应21世纪我国社会主义建设的需要；(2)要使教学内容和课程体系达到或接近世界先进水平；(3)要使教学手段、教学方法现代化；(4)要使学生的创新能力和工程实践能力有比较大的加强。为了达到目标，国家教委采取了三大措施：(1)拓宽专业，创造一个宽口径培养学生的条件。准备把现在100个工科专业(几年前是400多个)压缩到50多个。对课时比率也进行了必要的调整，规定专业课只能占总课时的10—15%。(2)分类指导，建立多样化教学模式。具体说来是：重点大学培养工程科学人才；一般大学培养工程技术人才；专科院校培养工程技术应用人才。培养目标不同，教学模式也应不同。(3)把教学、科研、生产三结合作为培养素质型工科学生的基本途径。

我国工科学生的一个突出问题是知识面较窄，后劲不足，在市场经济面前应变能力较差，这是过去专业分得太细造成的。《计划》和“措施”为我国工程教育(包括工科物理)改革指明了方向。

四、我国工科物理教育现代化的基本思路

1994年6月工科物理课委会的部分委员和国家教委高教司的几位领导同志云集北京讨论“工科物理教材的研究方向”时，提出了“现代化、工程化和素质教育”的问题。三者是一个整体，是工科物理教育应具备的基本特征，也是工科物理教育现代化的基本思路。这里讲的工程化，是指工程技术现代化，是指对工科学生进行现代工程师的基本训练。这里讲的素质教育，主要是指科学和技术的素质教育，它是以提高学生的能力为目的的。工科物理教育是为工程技术现代化服务的，它的基本任务是为培养现代化的工程科技人才提供必不可少的物理基础(知识结构、技能训练、物理思想和研究方法)，培养学生的学习能力和创造才华，使学生具有较高的科学和技术素质。因此，“现代化、工程化、素质教育”，“现代化”是核心。

工科物理教育的现代化，包括如下基本内容：

1. 教学内容和课程体系的现代化。包括大学物理、实验、演示实验，计算机软件、电教、工程物理等教材的成龙配套和现代化。现对“大学物理”和“大学物理实验”谈些具体看法。

“大学物理”应具有以下特色：(1)保证物理学基本理论体系的完整性。(2)确保近代物理的基本内容。(3)介绍现代科学技术所需要的基本的物理概念和原理。(4)适当介绍现代物理学的内容。(5)适当介绍物理学在现代工程技术中的应用。(6)体现“基础物理是实验物理”的特征。(7)体现科学素质培养的要求。

在“大学物理”内容现代化方面，我国出现了几种较为流行的类型：(1)传统的“大学物理”教材+“物理学应用专题”或“物理学与现代工程技术”，突出“工程化”的特征。(2)在保持传统结构体系的基础上，较多的反映与物理学密切相关的现代科技成果、现代物理知识和介绍主要物理学家的生平事迹。张三慧主编的《大学物理学》是这一类型的典范。(3)在基本保留传统结构体系的基础上，本着“加强现代”的精神，对教材内容和组合方式进行调查，并把教

学内容和教学方法紧密地组合成一个整体。恽英主编的《大学物理学——声像、文字结合教材》是这一类型的典范。(4)不分“经典”和“现代”，按照“为什么要学、怎样学、学什么”的线索建造新的课程体系。韩忠主编《大学物理学学习引论》、《新编大学物理》、《物理学和现代军事高科技》的教材系列属于这一种。《新编大学物理》是以“八大基本概念”、“两大常数”、“三大守恒定律”为基本理论框架构建起来的(称为“八二三体系”)。“八大基本概念”是物质、运动、时间、空间、实物、场、粒子和波。“两大常数”是真空中光速 c 和普朗克常数 h 。“三大守恒定律”是动量守恒、能量守恒和角动量守恒定律。“八二三体系”在 1995 年南京 ICPE 会议上，获得了较高的赞誉，与会的外国物理教育家很感兴趣。实践证明，以上各类教材都比传统教材要高。

“大学物理实验”应具有如下特色：(1)起点高(去掉相当于中学水平的内容)，内容新(分为基本方法、基本技能、基础实验设计三个层次，有现代高科技所需要的基本物理实验)，项目多(30 个左右，三个层次各占 $1/3$ ，学生可以进行适当的选择。)(2)加强基本方法、技能的训练和创造能力的培养。张兆奎等编著的《大学物理实验》是这种类型的典型代表。

2. 教学条件和手段的现代化。内容包括：(1)建立起以演示实验室为中心的专用教室体系。(2)建立多层次多功能的演示体系，包括演示实验、录象、微机、投影、幻灯、控图等多种示教手段。(3)建设具有现代化水平的实验室，包括物理实验室和演示实验室。没有这三条，教学方式的现代化就很难普遍开展。清华、上海交大、复旦大学、华中理工大学等一批重点大学已初步具备了这些条件。

3. 教学思想和方法的现代化。具体说来，就是要坚持以下原则：(1)高效率原则。教是为了指导学生学，把提高学生的学习效率放在第一位。(2)趣味性原则。通过各种形象化教学手段，激起学生学习物理的兴趣。(3)能动性原则。

用启迪学生思维的方式进行教学。(4)实践性原则。增强实践教学环节，如组织学生做演示实验，观看物理应用录象片，加强课堂练习等。(5)创造性原则。开展一些创造性活动培养学生的创造才能，如指导学生写“小论文”和“总结”等。(6)独立性原则。培养学生独立获取知识的能力，如通过教师指导下的自学培养自学能力等。(7)自主性原则。通过教师的主导作用培养学生的自主学习精神——积极主动、有目标有主见、以我为主的学习精神。这是教学的根本原则。

4. 教学质量评估和考核体系的现代化。

教学质量评估，重点是通过考试成绩，对学生掌握的知识面、才能特别是创造才能作出正确评价。传统考试(答题式的闭卷考试)办不到这些，对学生创造智慧的发展还会起负作用。爱因斯坦特别厌倦这种考试，说：“在我通过最后的考试以后，有整整一年科学问题的任何思考都感到扫兴。”杨振宁也说：“我接触的很多第一流物理学家，他们很会动脑筋，很会做实验，却不善于应付各种考试。”如何将考知识与考能力结合起来，笔者认为可以建立三级考核综合评分的体系：(1)笔试，可分为闭卷、开卷、口试三种。主要考学生掌握的知识面。题目(特别是计算题)不要出得太难，但知识的覆盖面要广。笔试成绩在 60 分以上者一概定为“及格”。(2)小论文考试，可以是演示实验小论文，自选项目小论文，物理学学术论文分析小论文等。主要考学生通过大学物理课程学习智力和能力的提高程度。这一级考试合格，可定为“良好”。(3)实战考试，可以是小创造发明，家用电器、仪器、玩具等物理学问题剖析报告，工厂中设备、生产中的物理学问题调查报告，学生自己参与的课题研究报告等等。主要考学生通过大学物理的学习创造才能和创造意识的提高程度。这一级考试合格，可定为“优秀”。最后，对三级考试成绩进行综合评定，凡笔试在 60 分以下者，应予补考且不能评为“优秀”。笔者对前两级考试实验过多年，效果是好的，学生对自己写小论文是很感兴趣的。