

工科物理概念结构体系现代化

邓明成 蔡建乐 王柏龄 郑采星

(湖南大学应用物理系 长沙 410082)

根据原国家教委布置,当前我国工程教育改革的基本思路是加强基础、淡化专业、提高素质、培养宽口径科技人才,以便同国际工程教育接轨。国家教委在“面向 21 世纪工程教育教学内容课程体系改革计划”中确定了 4 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。总而言之,就是我国的工程教育要现代化。工程教育的现代化要以物理教育的现代化为基础。我国传统的工科物理内容结构体系与此不相适应,必须尽快进行改革,改革的重点是实现概念结构体系的现代化。

一、1990 年以来我国工科物理教材改革的基本经验和成果

(1) 工科物理的概念结构体系应当具有时代感和先进性。

微积分加力、热、电、光。近代物理的结构体系是 20 世纪 50 年代形成的,首先由美国建立而后波及到世界各国,能满足工程教育的需求,还具有一定的超前性(指近代物理)。在那个时代,科学技术的基础是经典物理、近代物理及其相关的技术属尖端科技,大学物理能纳入近代物理是非常先进的,迎合了时代发展的趋势。从这个意义上讲,工科物理的概念结构体系首先应当具有时代感和先进性。

(2) 工科物理教材改革的方向是现代化。

1994 年 6 月国家教委高教司和工科物理课委会在北京讨论“工科物理教材研究的方向”时提出了“现代化、工程化和素质教育”的要求,其中核心问题是现代化。教材内容结构体系不现代化、工程化和素质教育就无从谈起。大学物理要现代化,已成为当今世界各国的共识。

(3) 工科物理改革教育出现了 3 种类型。

这 3 种类型是:①传统模式加物理学应用专题,由于学时的限制,“专题”等于虚设。这类教材不可能实现教学内容的现代化。②在传统内容体系的基础上,减少经典,增加近代、现代及其应用内容,调整

体系结构,增加科学素质教育含量。张三慧主编的《大学物理学》和恽瑛等主编的《大学物理学——音像文字结合教材》属于这一种。这类教材与教学现状容易接轨,是一种较好的过渡型改革教材。但有一个缺点,就是内容膨胀、篇幅过大,产生的原因有两个:工科物理教学《基本要求》的限制,传统思想态势的约束。这说明以传统工科物理为前提的《基本要求》需要更新,还要突破传统观念,解放思想。③建立新的概念结构体系,用现代物理学的思想、概念和方法改造经典,试图建立一个完整、统一的现代化的物理图像。韩忠在《大学物理学习引论》中提出的体系(并根据这一体系编写了试用教材《新编大学物理》和徐行可等编著的《物理学概论》)属于这一种。韩忠的体系是以八大概念(物质和运动、时间和空间、实物和场、粒子和波)、两大常数(真空中的光速 c 和普朗克常数 h)、三大守恒定律(动量、角动量、能量守恒定律)为主线的“八二三”体系,按时空特性分篇。徐行可的体系是:基本粒子→实物的运动规律→相互作用和场→振动和波动→量子现象和量子规律→多粒子体系的热运动,与韩忠体系类似。建立新的概念结构体系是工科物理改革的重点,尚处于尝试阶段,需要继续努力。

(4) 改革教材从 4 个方面对传统工科物理实行改革。

这 4 个方面是:①删去如下章节内容:牛顿定律、刚体定轴转动(纳入三大守恒定律之中),实际气体,稳恒电流,固体能带理论,原子核和基本粒子简介(某些内容纳入量子力学基础之中)。②增加如下内容:对称性,广义相对论,大爆炸宇宙论,相对论电动力学简介,量子统计,熵(包括信息熵),非线性物理学的基本内容如耗散结构理论、混沌、非线性光学等。③增加高新技术内容:核磁共振、扫描隧穿显微镜、超导、磁流体发电、液晶、光纤通信等。④对传统内容结构体系作如下变革:a. 以动量、角动量、能量守恒定律取代传统力学体系(质点运动学、质点动力学、刚体的转动);b. 将相对论(包括广义相对论)提前到力学部分并在电磁场理论中安排相对论电磁学

现代物理知识

简介的内容;将统计物理学和热力学基础移到书末(量子力学基础之后),将其纳入现代物理学轨道。

量子力学基础在各种改革教材中的位置仍然靠后。只要量子力学不提前,经典物理与近代物理之间的“鸿沟”就依然存在,工科物理的内容体系就不可能全面现代化。把量子力学提前(中学有基础)有一个突破观念的问题。如量子力学需要的个别概念和公式,在统计物理、电磁学和光学中才能讲到,提前怕出问题。对待这个问题可以采取实用态度,需要什么补点什么,公式搬来了再说(以后学生自然会明白),这就叫做内容交叉。个别内容交叉会带来课程内容体系的全面现代化是值得的。

二、传统工科物理内容结构体系存在的问题

传统工科物理内容结构体系与现代工程技术的要求不相适应,与现代教育思想的差距越来越大,其中突出的问题主要有以下10个方面。

(1) 传统工科物理内容结构体系与高中理科物理类同,内容重复过多。高中物理是初等数学加力、热、电、光、近代物理的体系,大学物理是微积分加力、热、电、光、近代物理的体系,二者的内容结构大致相同。这种状况难以激发学生学习物理的热情和兴趣,也得不到教学主管部门的重视,是工科物理屡受冲击的重要原因之一。

(2) 工科物理理论课和实验课分家,造成部分内容重叠。物理实验中的基本内容,如通电长直螺线管内的磁场、牛顿环、迈克尔逊干涉仪、光的偏振现象研究等,在工科物理教材中再无强调的必要。

(3) 理论力学在高中物理基础上起步,完全复盖了工科物理力学部分(包括机械振动的全部内容,而且在高、深、广、联系实际方面都比工科物理强。

(4) 物理化学、工程热力学完全复盖了大学物理“热力学基础”的内容,而且广度、深度和应用都比工科物理高。

(5) 与美国的大学物理相比较并兼顾热工理论的发展,我国传统工科物理“热力学基础”的概念结构体系不够完整,需要加强。以美国瑞斯尼克·哈里德的《物理学》和余尔斯的《大学物理》为例。这两套教材的热力学有一个相同的概念结构体系:①平衡态,热力学第零定律,温度的概念;②热力学第一定律,内能和焓(焓通过节流过程引入);③热力学第二定律,熵;④热力学温度,绝对零度,热力学第三定律。我国工科物理的“热力学基础”仅对“热力学第一定律,内能”、“热力学第二定律及其统计解释”作

了较详细的介绍,对其他内容特别是“熵”未作介绍或介绍得十分肤浅,这是很不够的。“焓”是热功理论与实践走向现代化进程中形成的一个重要概念,已成为当今世界用能、节能的核心概念,在工程技术中得到了广泛的使用。作为重要基础课的工科物理至今没有进行介绍是一件很可惜的事。

(6) 电工学与传统工科物理的电磁学分工明确,内容重叠较少,但工科物理编写“稳恒电流”、“固体能带结构”两章没有必要。这两章内容在电工学中介绍得十分详细。

(7) 21世纪的科学技术要以20世纪的物理学为基础,相对论和量子力学应当尽早讲授。相对论和量子力学是现代科学技术的两大理论支柱。传统教材将这两部分作为“近代物理”放在最后,在教学过程中出现了两个方面的问题:一是学时不足被砍掉了;二是造成“经典物理”与“近代物理”的彻底分家,使二者之间出现了一道填不平的“鸿沟”,达不到用现代物理思想改造“经典”从而建立起统一的物理图像的目的。

(8) 面向21世纪的工科物理应当反映20世纪50年代以后物理学的新成就,应当与现代工程技术相结合,如耗散结构、混沌、分形、非线性光学、激光、扫描隧穿显微镜、核磁共振、磁流体发电、超导、液晶、光纤通信等。

(9) 传统工科物理已是“内容陈旧、体系老化”,无法满足21世纪工程教育的需要。传统工科物理是以传授知识和以经典物理学为主体的内容结构体系,是20世纪50年代形成的,沿用至今近50年。近50年来,物理学有了很大发展,现代科学技术不断涌现并正在极大地改变着人类社会的面貌,经典物理学的基础地位起了很大变化,近代和现代物理学在工程技术中的地位越来越重要,工科物理以传授知识为主的内容结构体系与培养21世纪科技人才的要求也不相适应,改革迫在眉睫。

(10) 专业基础课对传统工科物理的冲击。以经典物理学为主体的工科物理,内容结构体系与专业基础课没有本质区别。理论力学、电工学等专业基础课,是为工程技术服务的,是工程技术型的结构体系。要理论力学不讲质点动力学,不讲刚体转动和平面运动,不讲机械振动,只讲分析力学,要电工学不讲直流电,不讲固体性质和半导体,似乎是办不到的,因为它们的基本任务是解决工程技术问题。在工程技术范围内,工科物理用工程技术型的内容

结构体系与专业基础课争地位、争学时谈何容易！现在需要反思的是，物理课的目的和任务到底是什么？赵凯华说得好：“对于任何专业，大学基础物理课的目的，都是使学生对物理学的内容和方法、工作语言、概念和物理图像、其历史、现状和前沿等方面从整体上有一个全面的了解”，它是“一门培养和提高学生科学素质、科学思维方法和科学研究能力的重要基础课”。

三、工科物理改革的重点是建立现代化的概念结构体系

(1) 建立工科物理概念结构体系的基本原则

如何建立现代化的工科物理概念结构体系呢？我们认为应当坚持以下原则：①用现代物理思想、概念和方法统帅全书，改造经典物理学，建立一个现代化的、完整的、统一的物理图像。②以现代教育思想为指导，把科学素质教育放在首位。③突出物理学的基本特征：物理学是一门实验科学，基本概念的引入，基本定律的确定，只要有可能会，都要以物理实验和现象为基础。④突出工科物理的基本特征：物理学与现代工程技术相结合，满足高新技术对物理概念、原理和研究方法的基本需求。⑤用系统论观点进行研究：把工科物理置于整个工程教育现代化之中进行研究，建立一个不同于任何课程的概念结构体系。⑥用对比法进行研究：将工科物理传统教材与发达国家同类教材和国内典范改革教材进行对比研究，集诸家（包括传统教材）之所长，避诸家之所短，建立一个先进的、科学的、合理的、实用的概念结构体系。⑦确立工科物理知识结构的基本特征：物理知识结构由基本概念、基本定律、物理思想、研究方法和物理精神组成，以基本概念为核心把“五基”融为一个整体。⑧用辩证唯物史观进行研究：以主要物理学家的思想、观念、研究方法和实践过程为线索，介绍基本概念和定律的形成、发展过程，变“静态”物理学为“动态”物理学。⑨少而精：精选内容（包括例题和习题），精心编排，篇幅限定在 50 万字左右，学时限定在 120 左右。⑩便于教师引导下自学：内容新奇有诱感力，论理深入浅出便于理解。

(2) 工科物理概念结构体系现代化的一种模式。

通过对工科物理概念结构体系现代化的长期研究，我们建立了一种模式。现简述如下：①绪论。②第一篇力学：第一章时空对称性与三大守恒定律，第二章狭义相对论（含质量、能量、动量和力的洛伦兹

变换）和广义相对论，第三章机械振动与机械波（删去阻尼振动和受迫振动，突出位相、简谐波表达式和驻波概念，为第四章准备条件；含光的多普勒效应），第四章量子力学基础（含德布罗意驻波思想，扫描隧穿显微镜等）。③第二篇电磁学：第五章静电场（含稳恒电场、直流电源简介、静电的应用），第六章静磁场（含磁流体发电），第七章电磁场和电磁波（含涡电流的危害与应用、磁记录原理、超导），第八章相对论电磁学简介，第九章波动光学（含液晶、光纤通信）。④第三篇统计物理学和热力学基础：第十章统计物理学基础（含量子统计），第十一章热力学基础（含信息熵）。⑤第四篇非线性物理学简介（定为第十二章）：熵与耗散结构理论，混沌，分形，非线性光学。⑥结束语——要勇于探索，勇于创新。

本概念结构体系有如下几个特点：①从总体到局部采用逻辑有序结构（传统教材是采用时间有序结构，即按照物理学发展的时间顺序编写教材）。如第一篇将第一、二、三、四章结合为“力学篇”是一种逻辑有序结构，没有第一、二章，第三、四章不能深化，没有第三章，第四章没有基础。第四章量子力学基础是一种典型的逻辑有序结构：光的波粒二象性→实物粒子的波粒二象性→量子力学基本原理（薛定谔方程和海森伯不确定关系）→氢原子的量子理论（包括玻尔理论）→原子壳层结构→激光→原子核的性质与结构→核磁共振。整个概念结构体系从绪论到结束语采用逻辑有序结构。只有采用逻辑有序结构，工科物理的概念结构体系才能全面现代化。②从整体到局部保持概念结构体系的完整性。如第二篇电磁学，麦克斯韦电磁场理论，相对论电磁场理论，波动光学构成一个完整的概念结构体系。第十一章热力学基础，热力学四定律（第零、第一、第二、第三定律）和 5 个态势数（温度、内能、焓、熵、焔）构成一个完整的概念结构体系。③每一章的核心概念突出重点明确。如第一章时空对称性与三大守恒定律，核心概念是时空对称性、动量、角动量和势能定理。重点是从时空对称性出发，运用对称性原理导出动量、角动量、能量三大守恒定律，再根据对称性破缺的规律导出三大定理（动量定理、角动量定理、功能原理），最后讨论一下机械能守恒的条件。④从绪论到结束语是一个完整的体系，缺一不可。非线性物理学是现代物理学的基本内容，对 21 世纪的科学有重大影响，也是对学生进行科学方法论和认识论教育的重要教材。绪论主要介绍物理学的地
现代物理知识

把物理学从应试教育中解救出来

庞金富

(华北航天工业学院 河北廊坊 065000)

迄今为止,物理学已具有近400年的历史了。开创物理学的先驱们,从无数实验中总结出了一门科学性极强的物理学,以供后人学习、借鉴。先驱们本希望后人站在他们的肩膀上继续攀登,去不断地探索未知领域的奥妙。然而在我国,由于长期受封建科举制的束缚,在应试教育下,物理教学却一天天地陷入变形、扭曲和失态。在残酷的题海战术折磨下,培养了一批只会做题、不会动手的新型书呆子,以致他们中不少人对物理学都抱着“可怕”、“憎恨”的远离态度。试问:在以物理学为科学技术生长母体的高新技术年代里,这样培养人才是否辜负了先驱们的期望?

“老师上课讲习题、学生下课做习题、期刊杂志征习题、灯光之下编习题、屡禁不止印习题”……,物理学和物理教学完全被题海淹没浸泡起来,以致编写的习题越来越怪、越来越奥、越来越脱离实际,除了起到训练学生形式逻辑的思维能力的的作用以外,几乎没有一点点实际价值,也严重扼杀了学生对学习物理的兴趣闪光点。与此相反,实验课却越来越少,演示实验也是能少就少。教师对实验的重视程度日渐淡薄,造成了学生对实验的态度也是敷衍了事、自欺欺人。这就难怪杨振宁、李政道多次说过的,我们大陆的学生考试考得很好,但一动手做实验就不行了。

现在,习题的编写可以说都到了一种十分离奇的地步。我就曾见过一则习题,“一个单摆放在一个小车上,小车放在光滑的斜面上,单摆的小球带静电,平行于斜面有匀强电场,垂直于斜面有匀强磁场……”然后就是一连串的发难!试问,生活中、工作

实际中,哪有这样的数学模型?!这样编写习题岂不是闭门造车?不深入实际,只运用数学的排列、组合手段把若干物理理论模块东拼西凑,这样下去,能教好物理吗?

诚然,物理学作为母系科学是博大精深的。通过对物理学的学习可以训练学生的思维能力、运用数学解决物理问题的能力等等,但由此切不可形成对物理教学的误导——过多地注重思维训练、过多地偏重数学训练。因为,物理学毕竟是一门实验性很强的学科。最近,教育部对中考物理作了补充规定,规定中把过去对物理知识的重点考查转向对物理实验的重点考查。这本身就是一个扭转错误的物理教学方向的重要举措和导向。它开了一个好头。大势所趋,相信后续的改革措施会不断加大力度。

随着改革的深入,随着物理教学从应试教育向素质教育的转化和逼近,随之产生的严肃话题就是——我们物理教师的自身知识结构有严重缺陷,不适应素质教育的要求。这又该怎么办?我想,这就是有意识地逼迫我们的物理教师们要从过去的本本中走出来,主动地去接触一些具有应用性物理的方方面面,去搜集这方面的实例,开发、研制、编撰出具有实际应用价值的习题,进而去重新构筑21世纪的基础物理教学体系。在这方面,《现代物理知识》和《物理教师》多年来开设的“物理、技术、社会”专栏,已经积累了丰富的素材,为成功编制符合中国国情的基础物理教学读本开辟了广阔的遨游空间。相信广大物理教育工作者能立足改革、从我做起,为21世纪科教兴国的宏伟大业,为物理学在21世纪重放光彩,添砖加瓦,尽职尽责。

位和作用,研究对象和特点,概念结构体系(八二三体系)和知识结构体系(五基),物理学的基本思想和研究方法,学习大学物理与发展学习系统的关系,大学物理的学习方法等,这样,绪论既是学习工科物理的向导,又是对学生进行科学素质教育的重要内容。结束语是在全书的基础上指出物理学和现代工程技术

面临的重大问题,告诉学生要探索什么;从辩证唯物主义认识论、科学方法论和科学精神的高度对全书进行总结,告诉学生为什么要勇于创新 and 如何去创新。

我们根据自己建立的概念结构体系编写了《新编大学物理学》,篇幅为52.6万字,120学时可以完成。