

大学生创新教育教材

物理原理在 工程技术中的应用

WULIYUANLI ZAI GONGCHENGJISHU
ZHONG DE YINGYONG

主 编 徐宝玉

主 审 任敦亮

煤炭工业出版社

大学生创新教育教材

物理原理在工程技术中的应用

主 编 徐宝玉
副主编 李 社 冯翠菊
主 审 任敦亮

煤炭工业出版社
· 北 京 ·

内 容 题 要

本书是根据国家教育部制定的大学物理教学基本要求编写。全书共精选了 70 多个应用物理专题,以培养学生理论联系实际及分析问题、解决问题的能力为目的,使学生初步树立工程意识;培养学生的探索精神、创新意识和创新能力,是对学生进行创新思维教育的指导和必要素材。全书共分七章:总论、力学、机械振动与机械波、光学、电磁学、热学和近代物理。

本书可作为高等工科院校各专业的大学物理教材,还可作为综合性大学、农、林、医、高等院校物理课程的选修教材和参考书。

图书在版编(CIP)数据

物理原理在工程技术中的应用/徐宝玉主编. —北京:
煤炭工业出版社,2009.1

ISBN 978-7-5020-3451-1

I. 物… II. 徐… III. 工程物理学 IV. TB13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 004072 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
北京京科印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 850mm×1168mm $\frac{1}{32}$ 印张 11
字数 276 千字 印数 1—3,000
2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷
社内编号 6256 定价 24.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

科技的发展和技术的进步，与自然科学的基础教育息息相关、相互促进。物理教育不仅要使学生掌握物理学的理论，而且要培养学生应用物理理论解决实际问题的能力。物理学的教授过程应该是培养学生以创造性思维解决实际问题的能力和素质的过程。《物理原理在工程技术中的应用》就是为这一教学目标而编写的，同时也考虑到目前物理教学的发展动向。全书内容包括物理与技术、物理学与工程的科学方法、物理学的发展与创新、创新思维与创新素质的培养、应用物理专题。

本书是以专题形式编写的，它有利于加深对基本概念和定律的理解，有利于分析问题和解决问题能力的培养；同时拓宽学生的知识面，培养学生自学能力和理论联系实际的能力；使学生初步树立工程意识，自觉地探索将物理原理和方法运用于工程技术实际问题的途径，有利于培养学生的创新思维与科学素质。

全书由徐宝玉任主编，李社、冯翠菊任副主编，任敦亮任主审。

参加本书部分专题编写的还有黑龙江科技学院的任敦亮、李晓萍、姜洪喜、张琳、刘辉、李海宝，华北科技学院胡彩雯、张晓春，哈尔滨师范大学牟洪臣，黑龙江工程学院姜伟，武汉水利电力大学黄慧明，武汉化工学院王国平。

一部书的问世，是集体智慧的结晶。本书部分内容获益于广大物理工作者和工程技术人员的才智和支持，多处引用了他们的论文和著作，在此表示衷心感谢。

编者希望本书的出版，对改进大学物理教材与教学，对培养创新性人才和高素质人才，起到一定的推动作用。由于编者的学识和经验有限，错漏之处难免，欢迎读者指正。

编 者

2008年12月

目 录

第 1 章 总论	(1)
1.1 物理学与技术	(1)
1.2 物理学的发展与创新	(3)
1.3 创新思维	(8)
1.4 创新素质的培养	(12)
第 2 章 力学	(15)
2.1 速度图与矿井提升动力分析	(15)
2.2 抛体理论在体育中的应用	(18)
2.3 跳台高度与跳水深度	(24)
2.4 重力选矿	(26)
2.5 黄金饰品含金量的测试	(28)
2.6 进动原理及应用	(31)
2.7 跳汰选矿与矿床的位能分层理论	(35)
2.8 伯努利方程及应用	(38)
2.9 液体静压原理在液位测量中的应用	(48)
第 3 章 机械振动与机械波	(51)
3.1 立体声系统的基本原理	(51)
3.2 超声波测物位	(54)
3.3 超声波测流量	(58)

2 物理原理在工程技术中的应用

3.4	多普勒效应在医学诊断中的应用	(64)
3.5	岩体超声检测技术	(68)
3.6	拍频现象与应用	(76)
3.7	李萨如图形用于校正系统的稳定性	(82)
3.8	共振消声	(86)
3.9	驻波理论及其应用	(91)
第 4 章	光学	(99)
4.1	光干涉式矿井瓦斯检测器	(99)
4.2	激光衍射法测量金属细丝的直径	(101)
4.3	人为双折射与玻璃内应力测量	(103)
4.4	光学原理在测量电学量的应用	(109)
4.5	激光多普勒效应在水力电测技术的应用	(113)
4.6	激光外干涉测试技术的应用	(117)
4.7	光纤传感器	(122)
4.8	激光加工技术及其应用	(128)
4.9	微测量放大器——莫尔条纹	(136)
4.10	全息术的物理原理及其应用	(142)
4.11	光全息检测技术的应用	(147)
4.12	劈尖干涉及应用	(152)
4.13	光的偏振现象在立体电影中应用	(155)
第 5 章	电磁学	(163)
5.1	电力安装中的人体与静电	(163)
5.2	静电在生物工程技术中的应用	(169)
5.3	静电除尘	(172)
5.4	静电复印	(178)
5.5	电场在选矿工业中的应用	(181)
5.6	电偶极子与心电测量	(187)

5.7	非平衡电桥在医学上的应用	(191)
5.8	$10^{15}\Omega$ 数量级绝缘电阻的测定	(195)
5.9	电容式传感器	(197)
5.10	磁场与选矿	(201)
5.11	磁镜原理及其在磁约束中的应用	(204)
5.12	安培力在液压马达上的应用	(207)
5.13	电磁法检测钢丝绳继丝	(209)
5.14	电磁流量计	(212)
5.15	电磁法检测球墨铸铁中珠光体含量	(214)
5.16	涡流检测	(219)
5.17	电磁超声无损检测技术的应用	(226)
5.18	电磁感应定律在电视修理中的应用	(229)
5.19	加速器	(233)
5.20	铁磁材料的原理及其应用	(240)
5.21	压电效应	(245)
第 6 章	热学	(248)
6.1	提高热机效率的两种方法	(248)
6.2	制冷机与热泵	(252)
6.3	电热制冷技术	(256)
6.4	熵及其应用	(260)
第 7 章	近代物理	(267)
7.1	γ 射线在选矿工程中的应用	(267)
7.2	射线在无损检测中的应用	(272)
7.3	红外辐射与红外技术	(276)
7.4	红外测温	(279)
7.5	红外技术在军事上的应用	(282)
7.6	被动红外检测技术及其应用	(288)

4 物理原理在工程技术中的应用

7.7	光电效应与电视摄像	(292)
7.8	核物理选矿	(295)
7.9	磁流体发电	(298)
7.10	磁流体选矿	(302)
7.11	隐性与反隐性	(306)
7.12	超导现象及其应用	(310)
7.13	核磁共振法测磁场	(317)
7.14	精确制导武器的物理基础	(320)
7.15	原子能及其和平利用	(326)
7.16	激光超声	(332)
7.17	晶体双折射型交错滤波器	(338)
主要参考文献		(343)

第 1 章 总 论

1.1 物理学与技术

物理学是探讨物质结构和运动基本规律的学科,侧重于研究物质世界普遍而基本的规律。尽管如此,物理学仍然是工程技术的源泉,甚至是高新技术的生长母体。

人们习惯于把科学和技术联系在一起,统称为“科学技术”或“科技”,实际上二者既有密切联系,又有重要区别。科学要解决的问题,是发现自然界中确凿的事实和现象之间的关系,并建立理论把这些事实和现象联系起来;技术的任务则是把科学的成果应用到实际问题中去。科学主要是与未知的领域打交道,其进展程度特别是重大的突破,是难以预料的;技术是在相对成熟的领域内工作,可以作比较准确的规划。

从科学技术发展的历史来看,物理学和技术的关系有两种模式。第一种,物理→技术→物理。以电磁理论的发展及其应用为例,1785 年建立库仑定律,中间经过伏打发明电池,奥斯特发现电流的磁效应,安培建立安培定律等,一直到 1831 年法拉第发现电磁感应定律,基本上是物理学上的探索和发展,没有应用研究。此后经历了半个多世纪,各种交流、直流发电机、电动机和电报机的研究应运而生,并迅速发展起来。麦克斯韦建立了电磁场理论、赫兹的火花放电实验发现了电磁波,导致了马可尼和波波夫发明无线电。而电气化的发展反过来又大大促进了物理学的发展。第二种,技术→物理→技术。第一次工业革命热机的发明和使用解决

了动力机械问题。17 世纪末发明了巴本锅和蒸汽泵,18 世纪末技术工人瓦特给蒸汽机增添了冷凝器,发明了活塞阀、飞轮、离心减速器等,完善了蒸汽机,使之真正成为动力。其后,蒸汽机被应用于纺织、轮船和火车。那时的蒸汽机效率只有 5%~8%。1824 年工程师卡诺建立了卡诺循环并提出了卡诺定理,为提高热机效率提供了理论依据,指出了提高热机效率的方法和途径。到 20 世纪蒸汽机效率达到 15%,内燃机效率达到 40%,燃气轮机效率达到 50%。19 世纪中叶能量守恒定律建立了,开尔文、克劳修斯建立了热力学第一定律、第二定律。由此看来,技术向物理提出了问题,促进了物理理论的发展,反过来又提高了技术,促进了技术发展和技术进步。

随着科学和技术的发展,在物理学和技术的关系中,上述两种模式并存,相互交叉、相互渗透。但是,几乎所有重大高新技术领域的创立,事先都在物理学中经过了长期的酝酿,在理论和实验上积累了大量知识,最后导致新技术的产生。没有 1909 年卢瑟福的 α 粒子散射实验,就不可能有 20 世纪 40 年代以后核能的利用;只有 1917 年爱因斯坦提出受激辐射的理论,才可能有 1960 年第一台激光器的诞生。电子计算机的出现,引发了信息革命,但整个信息技术的发生、发展及其硬件部分都是以物理学的成果为基础的。1947 年贝尔实验室的巴丁、布拉顿和肖克莱发明了晶体管,标志着信息时代的开始,1962 年发明了集成电路,20 世纪 70 年代后期出现了大规模集成电路。这些技术的出现,在物理学中进行了 20 年大量的理论和实验上的准备:1925~1926 年建立了量子力学;1926 年建立了费米—狄拉克统计法,得知固体中电子服从泡利不相容原理;1927 年建立了布洛赫波的理论,得知在理想晶格中电子不发生散射;1928 年索末菲提出了能带的猜想;1929 年派尔斯提出禁带、空穴的概念,解释了正霍耳系数的存在……

1.2 物理学的发展与创新

1.2.1 物理学的科学方法

物理学是一门理论和实验高度结合的科学,在其长期发展的过程中形成了一套获得知识、组织知识和运用知识的有效步骤和方法。当然科学研究没有刻板的固定程序,但在大多数情况下,包含以下几个相互衔接的环节。

1.2.1.1 提出选题

选题是科学研究的起始步骤和重要组成部分。它关系到科学研究的方向、目标和内容,决定着科研成果的水平、价值和发展前途。选题一般是从新的观测事实或实验事实中提炼出来的,也可能是从已有原理中推演出来的。要经过文献调研和实际考察提出选题,初步论证、评议确定课题。

选题应遵循需要性原则、创造性原则、科学性原则和可行性原则。科研选题应面向社会需要和学科理论发展的需要,致力于解决国民经济和社会生活中所提出的实际科学技术问题。科研选题的创造性应是前人没有解决或没有完全解决的疑难问题,并预期能从中产生创造性的科学技术成果。其表现形式是:概念和理论的创新,方法上的创新,应用上的创新。科研选题要有一定的科学理论和科学事实作为根据,把课题置于当时的科学技术背景下,并使之成为在科学上可以成立和探讨的问题。另外,选择的课题应与自己的主、客观条件相适应,根据已经具备的或经过努力可以具备的条件进行选题。

1.2.1.2 推测答案

这一环节的主要工作是按课题的需要收集和整理事实材料。既需要通过文献检索获得间接经验,更需要通过观察、实验取得直

接经验。在已有的科学事实的基础上,加之理性思维,即运用逻辑思维、形象思维、直觉思维的方法,进行抽象的科学工作。所得答案可以有不同的层次:建立物理模型;用已知原理和推测对现象作定性的解释;根据现有理论进行逻辑推理和数学演算,以便对现象作出定量的解释;当新的事实与旧的理论不符时,提出新的假说去说明它。提出科学假说过程中创造性思维表现得特别明显,因而创造性的思维方法起着重要作用。

1.2.1.3 实验验证

作为一个科学的论断或新理论必须提出能够为实验所证伪的预言。这是真、伪科学的分界。为什么说“证伪”而不说“证实”?因为多少个正面的事例也不能保证今后不出现反例,但一个反例就可以完全否定它。对已形成的科学假说必须进行实践检验。通过将假说演绎出的新预言与实验结果相比较,对假说的完善程度作出评价,再进而决定是提出新假说还是完善充实原有假说。物理学是一门实验科学,一切理论最终都要以观测或实验的事实为准则,但常常也辅之以逻辑判定。

1.2.1.4 建立理论体系

当一个理论与新的实验事实不符合或不完全符合时,它就面临着修改或被推翻。不过,那些经过大量事实检验的理论是不大不会被推翻的,只是部分地被修改或确定其成立范围。建立理论体系主要是把已确证的假说和先前的理论尽可能统一起来,形成比较严密的有内在逻辑关系的体系。在这一环节中,公理的方法、从抽象上升到具体的方法、逻辑与历史相统一的方法起着明显的作用。

以上步骤循环往复,构成物理学发展模式化的进程。但是物理学中的许多重大发现和突破,并不都是按照这个模式进行的,预感、直觉和顿悟往往起很大作用。此外,探索、大胆猜想、偏离初衷的遭遇或巧合,也导致了不少的发现。顿悟是经验和思考的升华,

而机遇偏爱有心人,平时思想上有准备,就比较容易抓住稍纵即逝的机遇。

1.2.2 工程技术的科学方法

技术方法是各类技术研究和技术开发中所使用的普遍的共同方法。技术方法与物理学的科学方法具有许多共性,但技术方法则具有更强的实践性、社会性和综合性。技术创造过程的一般程序如图 1-1 所示。

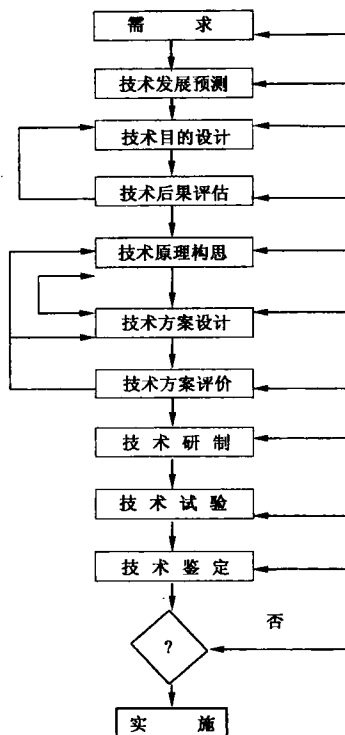


图 1-1 技术创造过程的一般程序

1.2.3 物理学的发展与创新

“创新是一个民族进步的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力。”

创新是科学发展的必由之路,科学知识的增长,有量的积累和质的飞跃,即有继承和创新两种形式。继承使人类世代积累的知识得以延续。传播和储存,是知识创新的基础;而创新则使知识从旧的质态跃变到新的质态,得到提高、深入和升华,在人类知识的增长中具有更重要的意义。科学的生命在于创新,创新是科学发展的必然要求。科学创新体现为新的发现和发明,即创立新的概念、原理、理论和方法,将理论研究的成果转化到技术科学、生产技术及其应用上。相对而言,创新比继承具有更大的重要性。

物理学中的电磁学理论正是富兰克林、库仑、伏达、安培、欧姆、奥斯特、法拉第、亨利、焦耳、楞次等许多物理学家的创新性工作的结果,提出或确立了一系列电磁学原理。但在 19 世纪中叶,电磁现象还多半是实验室里的东西,电力机车还只是橱窗里的展品,到了 19 世纪下半叶,“电力的火花”已成燎原之势。主要表现在以下两个方面:

一方面,电磁学的一系列创新,一系列新发现、新发明,终于导致 19 世纪最伟大的科学创新——麦克斯韦电磁场理论。年青的英国物理学家麦克斯韦以其大胆的想像力和数学上的洞察力,深刻改造了法拉第的理论,把它翻译成数学语言使之精确化,并推广了他的思想。他首次引入了位移电流的概念,并于 1864 年发表了麦克斯韦方程组,建立了完整的电动力学体系,他推论出自然界中存在着电磁波,其传播速度等于光速,揭示出光、电、磁三种现象的统一性。1888 年,麦克斯韦电磁理论被赫兹在实验中加以验证。法拉第和麦克斯韦引入了一种全新的物理实验——“力场”。麦克斯韦的理论从“超距作用”过渡到以场作为基本变量,把光学并入

电磁理论,发现光速同绝对电磁单位制的关系,以及折射率同介电常数、折射率与电导率之间数量上的关系,这一切使它成为名副其实的革命理论。麦克斯韦的理论,是把 18 世纪、19 世纪的经典物理学转变为 20 世纪以相对论和量子力学为代表的现代物理学的主要因素。

另一方面,电磁学研究的新成果,被广泛应用于技术和工业中。以发电机和电动机的发明为标志,以电力技术革命为中心的第二次技术革命迅猛发展,电力取代蒸汽为大工业生产提供了前所未有的强大动力,并促进了一系列重大技术发明和新兴工业的诞生,人类开始步入电气化时代。把电磁学原理通过技术发明,应用于生产和人们的日常生活,这一种应用的创新和理论的创新一样激动人心、绚丽多彩,它们直接促进了社会生产力的提高,使世界的面貌和人类生活的质量大大改观。1819 年,近代电磁学的伟大奠基者法拉第制成了最原始的直流电机,1831 年制成了最初的永磁铁发电机的实验模型。后来莫尔斯发明了有线电报,贝尔和格雷彼此独立地发明了电话。1866 年,电学工程师西门子发明了具有划时代意义的自激式发电机,它在电力技术发展中的地位,可与瓦特蒸汽机在蒸汽技术中的历史地位相媲美,从此电能的生产 and 利用进入了实用阶段。1885 年,物理学家、电工学家法拉里提出对交流发电机有关键意义的旋转磁场原理。后来,俄国电工学家多里沃·多勃罗沃尔斯基相继发明三相交流鼠笼异步发电机、三相变压器、三相交流输电线,使电能的集中生产和远距离输送成为可能。电的使用,使得电机、电力、电信、电法炼钢、电化学等一系列新兴工业产生了,并极大地促进了内燃机、汽车和飞机等新兴工业的发展。1895 年,马可尼和波波夫分别成功地进行了无线电通信实验。1901 年,横越大西洋的无线电联系成功。电信技术随之诞生,电不仅用作动力,也开始用于传递信息。

麦克斯韦的电磁场理论代表了 19 世纪物理学的最高成果。

但电磁学的创新并没有就此停止。被称为 20 世纪四大发明之一的激光与电磁学密切相关,而其他最重要的发明如雷达、电视及其衍生发明的摄像机、录像机以及超导体等也是如此。以激光为例,它是物理思想、物理原理的创新导致技术创新,并形成一個经济效益、社会效益巨大的新兴的高新技术产业的典型例证。

1.3 创新思维

人类历史是一部不断探索、发现、发明和创造的历史,而这一切的核心,就是创造性思维。创造性思维是在科学发现、科学发明、技术创新、文艺创作等创造性活动中所特有的思维过程,是人类思维的高级过程。它既具有一般思维的特点,又不同于一般的思维活动。创造性思维是一个复杂的过程,往往与创造性活动联系在一起。

1.3.1 创造性思维过程

创造性思维过程分为准备、酝酿、明朗和验证四个阶段。

1.3.1.1 准备阶段

在创造性思维的准备阶段,思维主体的主要任务是发现、提出问题,分析问题,确定科学探索的方向和目标,并围绕所要解决的问题搜集尽可能多的资料和信息。研究者必须对与问题相关的学科的历史、现状和未来发展趋势有清醒的认识,对国内外已有的研究成果、已发现和认识了的事实、已往研究者成功的经验和失败的教训有比较清楚的了解,并反复不断地进行情报信息的搜集整理、调研综述和分析,为创造性思维的后阶段工作奠定坚实的基础。

1.3.1.2 酝酿阶段

这一阶段思维主体的主要任务,是针对科学问题或围绕目标,对已有的理论和所搜集到的事实及各种信息,进行思维加工,提出