

教师 2012-2017 年发表的代表性教学研究论文列表

序号	论文题目	全部作者	发表期刊、卷页	发表时间
1.	“热统”课程的“统计热力学”体系—— 国家精品课程“统计热力学”的知识体系	梁希侠、班士良	中国大学教学 2012(04) 43-46.	2012.10
2.	融中华传统文化元素于物理课堂—— 视频公开课“热含妙理”拾贝	梁希侠	中国大学教学 2013(10) 7-9.	2013.11
3.	构建“五位一体”创新创业教育新体系—— 内蒙古大学创新创业教育改革的探索与实践	王志平、衣翠珊、 王树彬	中国大学教学 2017(6) 29-32	2017.6
4.	球壳结构介质在匀强电场中的静电势	周文平、刘奕帆、 李健梅	大学物理 第 33 卷 第 4 期 58- 64	2014.04
5.	分层次、多模块课程体系	樊国梁	物理实验 2017(3) 33	2017.8
6.	运用核物理教学实验测量和分析照明 光源的辐射	云月厚、杨军	大学物理实验 2014(5) 27-28	2014.10
7.	结合具体问题探讨电动力学的教与学	张利绒 刘俊杰	物理通报 2013(1) 17-20	2013.01
8.	The Design of Network Testing System for College Physics Experiment	樊国梁、刘俊杰、 那日	2nd International Conference on Education, Management and Social Science	2014.08
9.	The Formation, Development and Practice on Excellent Course of College Physics Experiment	樊国梁、刘俊杰、 那日	2nd International Conference on Education, Management and Social Science	2014.08
10.	Construction and Practice on Excellent Course of College Physics Experiment	樊国梁、那日、 刘俊杰	2013 高等院校教育与教学研究 研讨会论文集	2013.11

“热统”课程的“统计热力学”体系

——国家精品课程“统计热力学”的知识体系

梁希侠 班士良

摘要：本文介绍内蒙古大学“统计热力学”(热力学与统计物理学)国家精品课程的知识体系。该课程突破“热力学”和“统计物理学”相对独立的传统教学格局，建立了以统计物理为框架，以系综理论为主线，以量子论为基础，融热物理宏观与微观理论一体的“统计热力学”新体系，出版了特色鲜明的教材和配套学习辅导书。

关键词：热力学与统计物理学；国家精品课程；统计热力学体系

“热力学与统计物理学”(简称“热统”)是我国高等院校本科物理专业的一门必修课程，是研究物质有关热现象(即宏观过程)规律的理论物理课，也是普通物理“热学”的后续课。内蒙古大学“热统”教学组在20多年教学实践中，不断更新教育观念，探索课程教学体系的改革，逐步建立了以微观理论为主线的教学体系，建设了首门“热统”国家精品课程(2004年)——“统计热力学”，陆续出版了配套教材^[1]和学习辅导书^[2]。

一、关于“热统”教学体系的思考

关于热现象的理论包括两部分，即宏观理论——“热力学”和微观理论——“统计物理学”。我国目前的“热统”课程由早年设置的“热力学”和“统计物理学”两门课程合并而成，一直沿袭“热”、“统”相对独立的“一分为二”教学体系^[3-5]。教学内容安排大体以学科发展历史和认识层次为序，由唯象到唯理，由宏观到微观。这种体系十分成熟，在多年教学实践中获得很大成功。随着科学技术和人类现代文明的飞速发展，人们认识世界的条件、增长知识的方式和获取信息的渠道发生了质的变化：昔日深奥难解的名词，今天已可闻之于街巷；诸多科学概念的理解，逐渐变得不很困难。在这种知识氛围和学习环境下，从中学到大学的物理教学内容均在不断地改革和深化。同时，现代科学成就在高新技术中的广泛应用向21世纪人才培养提出更高的要求。这一切，催动着大学物理课程改革的进程，也激发起我们对传统体系的思考。

从“热物理”系列课程改革现状来看，一方面，普

通物理“热学”课程的内容已进行了必要的深化和后延，原有“热统”课程与现行“热学”课程内容出现较多重复。仅以汪志诚著《热力学·统计物理》^[5]和秦允豪著《热学》^[6]为例，二者内容重叠约为1/3。过多重复造成学习与精力的浪费，甚至引发学生的厌学情绪，使学习效益降低。另一方面，飞速发展的高新技术拉近了基础理论与应用技术的距离，就热物理而言，无论实际工作中的应用，还是继续深造时的基础，都对“热统”课程教学提出更高的要求。增加课程的统计物理比重，深化微观理论的系统理解势在必行。此外，改革开放以来，我国高等教育从学制到专业及课程设置均有较大幅度的变动，“热统”课教学时数多次削减(120 86 72、64)，课堂教学的信息量和效益问题变得更加突出。面对这种形势，各校对“热统”课程的内容进行了不断的改革，逐步增加统计物理比重，努力减少和避免与“热学”的重复。然而，由于没有触动“一分为二”的体系，大量的简单重复难以避免，“热力学”内容仍然偏多，实际教学中统计物理的系统性难以保证。

针对上述问题，我们从体系结构着眼，对“热统”课程进行了较大力度的改革^[1]。我们的改革思路是：打通“热物理”宏观与微观理论的壁垒，融二者为一体，削减学时、充实内容，有效地避免与普通物理的简单重复，提高教学效益；以微观理论为主导，确保统计物理体系的完整性与系统性，增加课程的先进性与适用性。在上述思想指导下，构建了“热统”课程的“统计热力学”体系。新体系从根本上解决了热物理课程中理论物理与普通物理之间层次交叠、内容重复的问题；大幅增加统计物理比重，使其理论及应用内容在总学时中占到3/4以上。

梁希侠，内蒙古大学教授，第二届高等学校教学名师奖获得者；班士良，内蒙古大学教授。

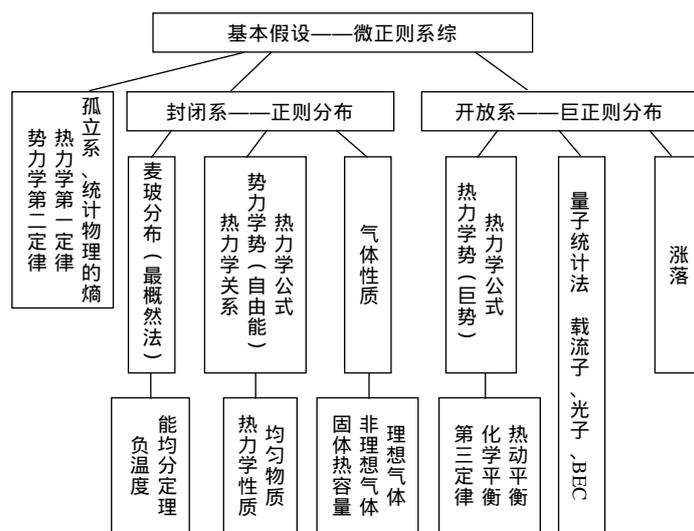


图 统计热力学体系知识结构框图

二、统计热力学体系的特色

统计热力学教学体系的主要特色是：热物理学以微观理论为框架；微观理论以系综理论为主线；系综理论以量子论为基础。体系知识结构框如上图所示。

1. 以微观理论为框架，融微观与宏观一体

“统计热力学”以微观理论——统计物理为主导，建立了从微观到宏观、完整自恰的理论体系。

在传统的“一分为二”体系下，学生往往将过多精力用于热力学计算，不能很好地理解统计物理的理论体系，容易将热现象的宏观和微观理论割裂开来。本体系从微观理论出发，用统计物理理论导出热力学基本定律，讨论体系热力学性质，给出统计物理概念与宏观现象的对应，融热现象的微观、宏观理论于一体，结束了两种理论割裂的传统教学格局，提高了认识层次。同时，使理论物理与普通物理的分工更趋合理，便于解决传统体系难以避免的“热统”与“热学”过多重复问题。

本体系按照统计物理学的知识框架，将主要知识点划分为孤立系、封闭系和开放系等三个模块(参见上图)。各块均首先给出相应的统计分布，进而引入热力学势(特性函数)，导出热力学基本定律，再用微观和宏观理论相结合的方法研究具体系统的热力学性质。例如：在孤立系一章，从等概率基本假设出发，引入统计物理的熵，导出热力学第一、第二定律，进而研究理想气体的平衡性质。在讨论封闭系时，从正则分布出发，引入热力学势——自由能，给出均匀系热力学基本微分式，进而导出麦克斯韦关系，介绍用热力学理论研究均匀物质宏观性质的方法，再具体讨论电、磁介质热力学、焦-汤效应

等典型实例。同时用正则分布研究近独立子系统构成的体系，导出麦-玻分布，介绍最概然法；进一步导出能均分定理，介绍运用统计理论研究半导体缺陷、负温度、理想和非理想气体等方法。对于开放系，首先导出巨正则分布，再引入巨势，给出描述开放系的热力学微分式，研究多元复相系的平衡性质，讨论相变和化学热力学问题；用量子统计理论导出热力学第三定律，讨论低温化学反应的性质。另一方面，考虑全同性原理，用巨正则分布导出玻色、费密两种量子统计分布，给出它们的准经典极限——麦-玻统计分布，并运用获得的量子统计分布分别讨论电子气、半导体载流子、光子系的统计性质和玻色—爱因斯坦凝聚等应用实例。

2. 以系综理论为主线，完善统计物理体系

与国内现流行体系不同，“统计热力学”的统计物理以“系综理论”为基础，具有更强的系统性。

现流行体系为便于学生理解，大多先避开系综理论，讲解统计物理中常用的分布和计算方法，如近独立粒子的最概然分布、玻耳兹曼统计、玻色统计和费米统计及其应用等，而在课程的最后介绍系综理论有关知识^[5]。这种体系除内容不可避免地出现重复外，还在一定程度上牺牲了统计物理的系统性。在实际教学中，为了阐明有关分布和统计法，往往不可避免地运用如等概率假设、配分函数、巨配分函数等系综理论的基本概念，难免出现生吞活剥、“消化不良”的弊端。从体系实施现状来看，不少院校因学时有限，在热力学和基本统计方法的教学之后，对系综理论的介绍只能一带而过，学生难以完整掌握统计物理理论。

我们多年采用系综理论为主线的教学实践表明：“统

计分布”与“系综”的“分割”是不必要的。本体系首先引入“系综”概念，将整个“统计热力学”的基础建立在系综理论之上，从一个基本假设——等概率假设（微正则系综）入手，渐次导出各种宏观条件下的系综分布，建立配分函数、巨配分函数等基本概念，给出相应的热力学势和热力学基本微分公式；同时，顺畅地导出如最概然分布、玻耳兹曼统计、玻色统计和费米统计法等常用分布和计算方法，并用于实际问题。在教学过程中，力求循序渐进地阐明统计物理的基本理论，使学生准确、清晰地掌握统计物理的基本概念，对热物理理论有完整系统的理解，能够全面、灵活地运用，为进一步学习更高深的知识和了解物理学的最新成果奠定扎实的基础。

3. 以量子理论为基础，认识微观运动本质

为使学生准确认识微观运动本质，“统计热力学”将系综理论建立在量子论的基础上，而经典统计则作为量子统计的极限给出。

传统体系多从经典统计入手，然后进入量子统计。我们教学实践的体会是，物理学历史上由经典论到量子论的认识过程没有必要在统计物理教学中重演。通过现设“普通物理学”课程的学习，学生已理解微观运动遵从量子力学规律，并具备了一定的量子论知识基础，在量子论基础上建立统计物理理论顺理成章。事实上，微观运动的正确描述须用量子理论，而量子统计与经典统计就统计规律性而言并无本质区别，经典统计只是量子统计的极限情形而已。以量子论为基础构建统计物理体系，更有利于学生尽快认识事物的本质，迅速进入对前沿科学的学习。

三、关于体系的兼容性——几个共同关注的问题

“统计热力学”以系综理论为主线，以量子论为基础，大幅提高统计物理比重，适当地增加了课程深度。在课时缩减，招生规模扩大的形势下，实施上述改革更有一定风险和难度。另一方面，新体系能否与流行体系兼容，也是国内同行普遍关注，需要在优化改革方案过程中解决的问题。为化解难度，提高兼容性，在体系建立和教学实践中，我们着力解决了以下几个问题：

问题之一：量子理论与系综理论理解困难问题。如前所述，学习本体系前应具备一定的量子论知识。目前国内物理专业的“热统”课程多排在“量子力学”之前。这就不可避免地出现了“前量子力学”困难。为解决这一问题，我们在课程引论中安排了量子论基本知识的讲授，介绍量子态、能级、简并、全同性、对应关系等概

念。如此处理，再结合普通物理“原子物理学”中学到的量子力学初步知识，学生就能够较好地接受“量子统计”有关概念。此外，我们将“量子态”和“量子统计法”两个初学者较难理解的概念做分散处理：分别在第1章引入“系综”概念之前和第6章巨正则系综概念之后讲授，既分散了难点，又使概念和运用衔接紧密，有利于及时消化。

系综理论是统计物理中最核心、最抽象的内容，也是统计物理教学的难点。国内流行体系将系综理论与常用统计分布及计算方法分离，安排在课程最后集中单独介绍。我们实践的体会是，这种处理将多个难点（三种系综及相应热力学关系）集中，增加了学生的理解困难；加之系综概念孤立于基本统计方法和应用之外，更显抽象枯燥。学生学后或觉不知所云，或难纵观全局，终致应用乏力。鉴于此，我们遵循由表及里、由浅入深、循序渐进、层层推进的认识规律，将系综的基本概念和三个系综分散在七章中穿插讲授、逐步深入，并及时运用理论对相应系统的性质加以讨论。这样做，可分散认知难点，并及时结合应用，实现宏观微观的交错，避免枯燥无味的困惑，既保证了热物理理论的系统性和完整性，又解决了系综理论为主线的教学困难。

问题之二：关于最概然法与麦-玻统计问题。最概然（可几）法与麦克斯韦-玻尔兹曼（麦-玻）统计法，是统计物理中应用较广的两个方法。采用系综理论为主线的教学体系，是否会影响这两种方法的学习和运用？这也是国内同仁关注的问题之一。在新体系课程改革和教材编写中，对这两部分内容均给予充分的注意。在第三章（封闭系）导出正则分布和相应热力学公式之后，用两种方法导出麦-玻分布：一是作为近独立子系的平均分布，由正则分布导出；二是从微正则系综出发，用最概然法导出。同时还由麦-玻分布给出热力学公式，并讨论几种分布之间的关系，给出分布的应用实例。实践表明，这种处理模式能全面深化学生对最概然法与麦-玻分布的理解，以致在应用中得心应手；还能强化对系综理论和统计物理体系的理解。

问题之三：热力学基本方法掌握问题。热力学作为一种可靠的宏观理论，从基本定律出发，通过严格的数学推演，系统地给出热力学函数之间的有机联系，将其用于实际问题。深入理解热力学定律的主要推论和热力学关系，熟悉它们的应用，掌握热力学演绎推理方法，是“热统”课程不可或缺的内容。“统计热力学”体系以微观理论为框架组织教学，是否会削弱学生在热力学理论的理解和应用方面的训练？对这个问题，国内同行关注有加，各见仁智，也是我们在课程改革中始终注意的问题。我们的处理模式是：打通热物理宏观与微观理论

的壁垒,针对不同宏观条件,在相应章节给出各种系综分布,然后导出热力学公式,并插入相应的热力学理论训练内容,确保足够篇幅讨论平衡态的热力学性质。例如:在建立封闭系的正则系综理论后,插入“均匀物质热力学性质”一章,集中讲授麦克斯韦关系、基本热力学函数和关系、特性函数等概念,介绍热力学基本方法和对典型实例的应用。建立开放系的巨正则系综理论后,又集中介绍与之相关的相平衡、化学平衡等问题的宏观理论。事实上,热物理的微观和宏观理论相得益彰、不可分割。在学习运用统计物理研究宏观过程的规律时,势必也会反复地运用热力学函数、公式和相应方法,使学习者得到相应训练。此外,再提供一定数量的习题,辅之以课外练习,以达到“学而时习之”的效果。这样,新体系虽然大量削减纯粹“热力学”内容,并未削弱对热力学理论的理解和方法的训练,相反可使其得到加强和升华。

内蒙古大学“热统”教学组近 20 年的课程改革的和教学实践证明,用“统计热力学”体系组织本科物理专业“热统”课教学是可行的。采用同样的体系和教材,适当取舍内容,在应用物理和电子科学技术专业组织 2 学分“统计物理”教学,亦取得一定的经验,其效果令人欣慰。

毋庸置疑,笔者主张统计热力学体系,丝毫无意否定“热统分治”的传统教学体系。两种体系,各有千秋,互补互鉴。究竟采用何种体系组织教学,还应视培养目标、师资力量、学生状况等,因地制宜地选择。

参考文献:

- [1] 梁希侠,班士良. 统计热力学[M]. 呼和浩特:内蒙古大学出版社, 2000.
- [2] 梁希侠,班士良. 统计热力学(第二版)[M]. 北京:科学出版社, 2008.
- [3] 梁希侠,班士良,宫箭,崔鑫. 统计热力学(第二版)学习辅导[M]. 北京:科学出版社, 2010.
- [4] 王竹溪. 热力学简程[M]. 北京:高等教育出版社, 1964.
- [5] 王竹溪. 统计物理学导论[M]. 北京:高等教育出版社, 1965.
- [6] 汪志诚. 热力学·统计物理(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2008.
- [7] 秦允豪. 普通物理学教程——热学(第三版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2011.

[责任编辑:文和平]

(上接第 9 页)

- [2] 王义道. 对当前高等学校本科教学质量的一些看法[J]. 中国大学教学, 2008(3).
- [3] 李祥云. 本科教学质量和教学改革工程实施现状、问题与政策建议. 中国高教研究[J], 2011(7).
- [4] 教育部、国家统计局、财政部. 逐年“全国教育经费执行情况统计公告”[EB/OL], <http://www.moe.gov.cn>.
- [5] 王义道. 高等学校提高教学质量面临的挑战[J]. 中国大学教学, 2007(2).
- [6] 史静寰,涂冬波,王纾等. 基于学习过程的本科教育的学情调查报告 2009[N]. 清华大学教育研究, 32 卷(4 期), 2011, 9/23.
- [7] 史静寰,文雯. 清华大学本科教育学情报告 2010[N]. 清华大学教育研究, 33 卷(1 期), 2012, 4/16.
- [8] 王义道. 首任校长就职演说的简言宏旨[N]. 北京大学校报, 2012-2-15.

- [9] 王义道. 21 世纪的中国高等教育追求什么样的教育质量? [J]. 教学与教材研究, 1996(6).
- [10] 罗索夫斯基著,谢宗仙等译. 美国校园文化——学生·教授·管理[M]. 济南:山东人民出版社, 1996.
- [11] 桑迪潘·德布著,黄永明译. 印度理工学院的精英们[M]. 北京:北京大学出版社, 2010.
- [12] 虞昊,黄延复著. 中国科技的基石——叶企孙和科学大师们[M]. 上海:复旦大学出版社, 2000.

[本文根据 2011 年 12 月 10 日在黑龙江高等教育学会学术年会和 12 月 22 日在北京理工大学教研院讲座上的讲话整理]

[责任编辑:李文玲]

融中华优秀传统文化元素于物理课堂

——视频公开课“热含妙理”拾贝

梁希侠

摘要: 在物理课堂中引入传统文化元素,对传统文化弘扬、文理文化渗透、学生综合素质提高和创新精神培养,具有积极的意义。本文以中国大学视频公开课“热含妙理”为例,介绍了物理类通识课程中融入中华优秀传统文化的具体做法。

关键词: 视频公开课;热物理;中华优秀传统文化;文理交融

人类文化随着人类文明的不断进步而形成、发展,以后又逐步分裂为两种不同的文化——“人文文化”与“科学文化”,简而言之为“文”、“理”两种文化。两种文化的分裂,在一定历史时期、一定意义上加速了人类文明的进程,特别是使科学文化摆脱传统观念的束缚而迅速发展。两种文化具有不同的内涵,存在明显的差异;同时又相互影响、相互依存、共同发展。她们交叉互动,彼此融合,共同创造了人类的精神财富。在科学技术高度发展的当今世界,两种文化的交流融合显得更加迫切。这种融合包括文化内涵的交流渗透、思维方式的相互影响和认知途径的彼此鉴戒。

物理学是人类几千年文明的结晶,博大精深,有着丰富的文化和哲学内涵。物理学的研究需要坚实的实验基础、丰富的想象空间和高度的抽象能力,集形象思维与逻辑思维之大成。因此,物理教学理应成为文理两种文化交融的有效载体。中华民族五千年的文明进程,积淀了深厚的文化底蕴,形成了优秀的人文文化传统。在物理课堂中引入中华文化元素,对传统文化的弘扬,对文理两种文化的交流,对学生综合素质提高和创新精神培养,都具有积极的意义。多年来,我们尝试在热物理教学中渗透中华优秀传统文化,取得了一定的效果。这里,仅以中国大学视频公开课“热含妙理”^[1]为例谈谈体会,以期抛砖引玉。

“热物理学”是研究热现象的理论。“热含妙理——热物理趣谈”以使人文学科学生与社会广大受众粗知热物理基本理论,帮助学过该课程的学生提纲挈领地总结相关知识为宗旨。

1. 在通识教育的热物理课堂中引入中华优秀传统文化元素的三点考虑

其一,弘扬传统文化

在物理学通识课程中引入中华优秀传统文化元素,可使学生在一定程度上感受优秀传统文化的熏陶。在汲取传统文化精华的同时,了解我国相关技术史实,对比中西科学文化,有利于提高人文和科学素养,激励奋发创新精神。

其二,化解抽象困惑

通过传统文化元素的引入,实现形象思维与逻辑思维的结合,使抽象的物理概念形象化,有利于学生对物理概念的理解。同时还可调节课堂气氛,避免学生厌学情绪滋生。

其三,促进文理交融

融传统人文文化于物理课堂,可以淡化文理两种文化的壁垒。这样做,既能拉近人文学科和自然科学之距离,增加文科学生对物理学的亲切感;又可诱发理科学生对传统文化的兴趣,提高其人文素质修养。实现两种文化的交融,有利于学生综合素质的提高。

2. 在视频公开课“热含妙理”中融入中华优秀传统文化元素的三个主要做法

其一,引文以藉意

在热物理课堂中恰当地引揽国宝名胜、人名名著,结合中华优秀传统文化,深入浅出地阐明物理基本概念,潜移默化地渗透哲学思想。

例如,“热含妙理”破题伊始,展示颐和园万寿山风景照片,引入国家重点文物“宝云阁”前牌坊上乾隆所提对联:

境自远尘皆入咏,物含妙理总堪寻。

藉其意而用之,改“物”为“热”,推出四句七言诗开场:

梁希侠,内蒙古大学物理科学与技术学院教授,第二届高等学校教学名师奖获得者。

天行有常辨阴阳，格物致理识暖冰。

温寒起落虽无尽，热含妙理总堪寻。

引领学生和社会受众在赏析名胜绝句中渐入“热物理”佳境。

在讲解温度这个描述物体冷热程度的基本物理量之概念时，首先引用名人、名著对“热”和“冷”自然现象的精彩文字。如《水浒传》第16回“杨志押运金银担，吴用智取生辰纲”中对酷暑炎热的生动描述^[2]：“赤日炎炎似火烧，野田禾稻半枯焦。农夫心内如汤煮，公子王孙把扇摇。”毛泽东在词《沁园春·雪》中对冰雪严寒的浪漫写照^[3]：“北国风光，千里冰封，万里雪飘。望长城内外，惟余莽莽，大河上下，顿失滔滔。山舞银蛇，原驰蜡象，欲与天公试比高……”

接着指出，文学作品中对“热”和“冷”的描绘虽然形象生动，但还不是严格的科学描述。在科学研究和生产实践中，需要准确、定量地描述物体的冷热程度，这就必须引入“温度”这个物理量，并准确度量之。于是，讲授自然地过渡到温度和热平衡定律，即热力学第零定律。

第一类永动机（不消耗能量而不断做功的机器）和第二类永动机（从单一热源吸热而不断做功的机器）不可能实现，今天已是众所周知的命题。他们分别是热物理的两个基本定律——热力学第一和第二定律的简练表述。然而，这种不可能性的发现，却经历了不短的历史阶段。两个定律的发现过程，包含着历代科学、技术工作者的苦乐辛酸，也得益于永动机发明屡遭失败的教训。两类永动机种种设计方案的失败引起了人们的反思，在一定意义上启发了物理学家“能量守恒和转化”、“宏观过程单向性”的思想。在讲授热力学这两个基本定律时，必然谈及“永动机”。这里，笔者先以矗立在兰州黄河边的大型古老水车（展示照片）和《天工开物》等古代著作中描述的“筒车”为例，说明通过水流消耗动能做功推动水轮旋转，提高“筒”中水的势能，实现提水灌溉的道理；顺着这条思路，再以动画形式展示一种较常见的第一类永动机设计方案：通过水从高处落下时动能做功推动机械，同时将水提至原来高度，继而水回落再做功，如此周而复始，永动不竭；最后解释此类（第一类）永动机因其违背能量守恒与转化定律，即热力学第一定律而不可实现。关于第二类永动机，则以一个典型设计——“零发动机”为例加以说明。这一装置是约翰·嘎姆吉1881年为美国海军设计的，它利用海水的热量将液态氨汽化，推动机械运转，似可永动。此类装置终因没有低温热源，致使汽化氨不能重新液化而无法持续运转。它违背了一个热力学基本定律，即热力学第二定律。正如开尔文所表述：不能从单一热源吸热，使之完全变为有用功而不

产生其他影响——第二类永动机不可实现。

说到这里，我们引入中国文学巨匠鲁迅先生的在其杂文《今春的两种感想》（1932年）中富有哲理的一段话^[4]：

“第一次吃螃蟹的人是很可敬佩的，不是勇士谁敢吃它呢？螃蟹有人吃，蜘蛛也有人吃，不过不好吃，所以后人不吃了。像这种人我们当极端感谢的。”

这段文字意味深长，我们可以用之借喻科学试验的失败者。永动机的发明者固然不乏沽名钓誉的江湖骗子，但亦有痴迷于发明，意欲造福人类、探索真理的追梦者。限于本人认识和历史的局限，他们失败了。但是，这种失败给后人以警示和启迪，从另一角度推动了科学技术的发展。永动机械的追梦者颇似鲁迅笔下的“吃蜘蛛”者。科学探索需要“吃蜘蛛”的勇气，没有这种勇气，人类永远不会发现螃蟹的美味。

其二，铭史以察鉴

结合中国技术发展史实，讲解热物理基本定律；对比西方科学文化，以史为鉴，激励学生的科学创新精神。比如，在讲授热力学第零定律——热平衡定律和温度的测量时，笔者先援引战国时期（公元前239年）吕不韦主编《吕氏春秋·慎大览·察今》中的一段话：^[5]

“有道之士，贵以近知远，以今知古，以益所见知所不见。故审堂下之阴，而知日月之行，阴阳之变；见瓶水之冰，而知天下之寒，鱼鳖之藏也。”

又列举元代王祯（公元1313年）所著《农书·农桑通诀》对养蚕人体测温度的论述：^[6]

“蚕母需著单衣，以为体测。自觉身寒，则蚕必寒，使添熟火；自觉身热，蚕亦必热，约量去火。”

指出“热平衡”的道理中国自古知之，并创造了应用于战争和生产实践的经验测温方法。不过，热平衡作为一个科学定律的发现，定量测温之温度计的发明，却分别是英国的福勒（公元1931年）和意大利的伽利略（公元1593年）。当今常用的摄氏和华氏温标，也分别由瑞典人摄尔修斯和波兰人华伦海特提出。

讲授能量转化与守恒定律——热力学第一定律时，先列举我国古代运用机械能转化做功的装置，例如《天工开物》、《农书》等著作中描述的各类水车；又援引《韩非子·五蠹》关于12000余年前燧人氏钻燧取火，实现机械能向热能转化的记载：

“上古之世，……有圣人作，钻燧取火，以化腥臊……”^[7]

再介绍我国古代利用热能转化为机械能做功的发明，如孔明灯、火箭、焰火等，说明我们的祖先从远古时期就已在生产、生活实践中利用机械能和热能之间的转化来为人类造福。然而，第一台划时代的蒸汽机出现在英国（公元1763—1784年，瓦特），热力学的主要科

学理论也伴随着世界工业革命诞生在欧洲。

回首中华技术辉煌，对照西方科学文明，自然地引申出一个结论：我们呼唤科学。传承先辈智慧和勇敢，实现中华科学腾飞的梦想，是当代青年的光荣历史使命。

其三，吟诗以明理

诗言志^[8]，可状物、抒情，亦可明理。诗的语言简练，且有乐感，用诗概括科学规律和技术要领简明生动，容易熟记。我国古人不仅善于用诗的语言状物抒情，讲述故事，也长于以诗词歌赋说理。例如“汤头歌诀”（清·汪昂，公元1694年）、“玉龙歌”（元·王国瑞，公元1329年）等，以通俗的诗句传承祖国医学用药、针灸妙诀，系统完整，留传百世。笔者在热物理教学中，尝试用诗句总结所授科学内容，收到了较好的效果。在视频公开课“热含妙理”中，除开场诗外，各讲均以自创古体诗小结，虽竿律不精，聊可化解枯燥，帮助记忆。

第一讲“戏说温度”讲述热平衡定律、温度与温标，后以“五绝”一首结尾：

盘古知冷热，平衡识同温。

逐点巧标定，测温器可成。

第二讲“漫话热功”，先阐述热功之间的转化，再结合蒸汽机的发明和第一类永动机发明失败的史实介绍，给出热力学第一定律——能量守恒与转化定律，最后提及热能利用带来的能源问题。这一讲的结束语为：

混沌初开能以存，变化腾挪万象生。

隧人钻木功作热，瓦特制机热为功。

庄生寻梦粉蝶飞，痴者猎奇永动空。

劝君采热且瞻顾，毋忘方舟度有恒。

第三讲“浅谈熵变”，通过对热机原理和第二类永动机不可行性的介绍，阐述宏观过程的不可逆性，介绍热力学第二定律；结合相关史实，阐述熵和熵增加概念，插入汉字“熵”来历的故事；给出玻尔兹曼关系，揭示熵的宏观和微观本质；并简要讨论“热寂”问题。总结上述要点，推出一首“七律”：

浑天浩宇动无竭，运如弯弓箭不还。

开爵^①料功双源转，克氏^②断热单向传。

吸热分温并壹熵，概率对数系两观。

自古格物多抚象，莫忧热寂叹宇寒。

第四讲题为“略论微观”。该讲简要介绍热运动的微观本质，用贴近生活的事例说明热运动的统计规律性，解读“玻色”、“费米”两种量子统计法；结合史实，讲解黑体辐射的光子理论、白矮星质量上限与黑洞预言等量子统计法成功应用的实例。有诗为证：

冷热有度动何急，等能平权概率依。

玻色有情好群聚，费米无缘贯独居。

光子巧论乌云散，钱公^③妙算黑星预。

爱丁^④不屑孺子论，天赐神才交臂离。

第五讲“小议最冷”。这一讲我们首先给出热力学第三定律——绝对零度不可达到原理。至此，受众对热物理的四个宏观定律——热平衡定律，第一类、第二类永动机不可实现和绝对零度不可达原理，以及微观理论的基本假设——孤立系所有可能微观态平权，已有基本了解。笔者遂以五言短诗一首对“热物理”加以概括：

热理常在胸，一衡三弗能。

孤立态权平，统计有奇功。

接着，课程结合与热物理密切相关的多次诺贝尔物理学奖，介绍了获得低温的方法和人类不断探索，追求更低温度的精彩篇章。

课程最后，我们梳理热物理的理论框架，以七言律诗一首与受众共勉：

善暖知寒人之情，热含妙理耐追寻。

熟知宏律凭君鉴，细审微观任汝行。

经典学说奠基石，量子理论扫霾阴。

为有探索籍创意，不效庄生^⑤法爱公^⑥。

注释：

①指开尔文勋爵，19世纪爱尔兰著名物理学家。

②指克劳修斯，19世纪德国著名物理学家。

③指钱德拉塞卡，20世纪印裔美国天体物理学家，用量子统计理论计算白矮星质量上限，预言黑洞的存在。

④指爱丁顿，19—20世纪英国著名天文学家。

⑤指庄子，战国时期伟大的思想家和哲学家，此处藉“庄生梦蝶”语。

⑥指爱因斯坦，20世纪德国著名物理学家。

参考文献：

[1] 梁希侠. 中国大学国家公开课“热含妙理”，<http://www.icourses.cn/cuoc/>.

[2] 施耐庵，罗贯中. 水浒传[M]. 北京：人民文学出版社，2002.

[3] 毛泽东. 毛主席诗词[M]. 北京：人民文学出版社，1963.

[4] 鲁迅. 集外集拾遗[M]. 北京：人民文学出版社，1976.

[5] 吕不韦. 吕氏春秋[M]. 陆玖译注. 北京：中华书局，2011.

[6] (元代)王祯. 王祯农书[M]. 王毓瑚译注. 北京：农业出版社，1981.

[7] (先秦)韩非子. 五蠹[M]. 北京：战士出版社，1974.

[8] 孔子编. 尚书·尧典[M]. 王世舜，王翠叶译注. 北京：中华书局，2012.

[责任编辑：文和平]

构建“五位一体”创新创业教育新体系

——内蒙古大学创新创业教育改革的探索与实践

王志平 衣翠珊 王树彬

摘要: 深化创新创业教育改革是高等学校全面深化本科教育教学改革和提升人才培养质量的突破口和重中之重。本文提出了构建培养方案、课程体系、教学方法、制度创新、实践环节“五位一体”的创新创业教育新体系,并以内蒙古大学创新创业教育改革的探索与实践为例,将创新创业教育改革作为一个系统工程,体现并逐步落实到人才培养的全过程各环节。

关键词: 人才培养; 创新创业; 教育体系

深化创新创业教育改革,是高等学校全面深化本科教育教学改革和提升人才培养质量的突破口。内蒙古大学高度重视创新创业教育工作,认真贯彻落实《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》(国办发〔2015〕36号)和《内蒙古自治区深化高等学校创新创业教育改革的实施方案》(内政办字〔2015〕229号)精神,在2003年实施“本科生创新培养基金计划”基础上,紧密结合国家创新驱动发展战略和“双创”工作要求,把握创新创业教育本质,将创新创业教育改革作为一个系统工程,体现并逐步落实到培养方案、课程体系、教学方法、制度创新、实践环节等诸多环节中,取得了丰硕成果。

一、修订培养方案,丰富创新创业教育内容

人才培养方案是学校实现人才培养目标、保证人才培养质量的基本文件,是学校教育思想和教育理念的集中体现。高等学校深化创新创业教育改革,首要的是把创新创业教育的目标、内涵和要求体现在人才培养目标和培养方案中,使创新精神、创业意识和创新创业能力

培养融入到人才培养全过程各环节。2016年,我校在总结长期以来坚持的本科生科研创新训练在人才培养中的功能和重要支撑作用的基础上,确立了“培养具备健全人格、扎实基础、进取精神、责任担当的高素质人才”的培养目标,提出探索 and 实施了“以学生为中心,学+教+创新实践体验”三元支撑的新型创新人才培养模式,修订了本科专业人才培养方案,在培养目标、培养要求、培养模式、课程体系、教学环节、学业成绩考核评价等方面,都体现和融入了创新创业教育的要求,使学校的人才培养工作更加符合创新创业教育的本质要求。

新版人才培养方案贯彻了夯实专业基础、加强成长成才教育、加强通识教育、加强创新创业教育、加强跨学科教育的“一夯实四加强”新一轮本科教学改革工作思路。培养方案集中体现了学生自主学习、自我进取成才、正确有效指导、创新实践体验在人才培养中的支撑作用。鼓励学生在思考、尝试、探索、体验、实践、创造等一系列活动过程中,不断认识、开发、发展和完善自己,掌握适合自身的学习方法,使自身知识、能力、情感、人格等各方面得到充分而系统的锻炼,在不断遇到的现实问题中保持创新的动力,

王志平,内蒙古大学教务处处长,教授;衣翠珊,内蒙古大学教务处实践教学科科长;王树彬,内蒙古大学教务处副处长,教授。电子邮箱:ndzpwang@imu.edu.cn。

克服困难去努力地发明、创造。培养方案注重学生良好品行的养成和跨学科思维的训练，构建了由“人文修养与艺术鉴赏”“社会发展与文化理解”“哲学思维与人生领悟”“数学方法与自然认识”“工程技术与科技创新”等5类课程组成的通识教育选修课程体系。通过专家遴选和立项建设的方式，目前已建设了150门通识教育选修课程。这些课程着眼于自然和社会的根本规律，不同文化的思维方式，处理问题的行为方法以及“社会人”的人生理念和道德情操，力求使学生在知识拓展、能力增长、道德养成等“知、能、德”方面得到训练，成为善思考、会学习、能应对、勇担当的全面发展的人。人才培养方案的修订和完善，为建设一个适应时代社会新发展、富有内大特色的本科人才培养新体系和营造一个学生优良成长成才环境，实现多类型高素质创新创业人才培养奠定了坚实基础。

二、健全课程体系，挖掘创新创业教育资源

高等学校开展创新创业教育，必须紧密结合专业教育和课程教学，注重挖掘和充实各类专业课程的创新创业教育资源，注重改进学科专业设置和知识传授过程，注重在专业教育和课程教学中培养学生的创新意识和探索精神，帮助学生构建完整、扎实的知识体系，而不能简单盲目地鼓励学生脱离课堂、脱离专业、脱离学校开展创业实践。在此基础上，学校组织开展了面向全体学生的创新创业教育选修课程及相关的系列讲座。

(1) 开设新生研讨课。我校从2015级新生开始，所有专业学生必须在一年级秋季学期修读1学分的新生研讨课。新生研讨课首先要回答三个问题：本专业学什么？怎么学？学了往何处去？其侧重点不在于知识学习的系统性，而是让学生在脑海中绘制一幅所学专业的知识地图，通过教师引导和团队合作学习，在主动参与和充分交流中体验学术活动的一般过程，初步了解科学发现和知识产生的方法与思维方式，激发学生学习研究的兴趣，培养学生的创

新意识和探索精神。目前，一批教学名师、学科带头人结合自身科研工作、学术研究成果为一年级学生开设了68门新生研讨课。

(2) 优化专业课程体系，促进专业教育与创新创业教育有机融合。学校以立项方式实施了本科专业课程体系改革研究项目，按专业类基础课、专业核心课和专业方向课来调整优化专业课程体系，挖掘和充实各类专业课程的创新创业教育资源。专业类基础课由学科大类专业共同基础课组成。专业核心课由反映该专业区别于其他专业的本质特征、培养学生专业思维与技能的专业必修课组成。专业方向课由反映学科前沿、体现专业特色和优势、满足学生不同学习兴起的模块课程组成，按照专业学术、交叉复合、创新创业等不同学生发展类型模块化设置。在优化课程体系中，注重夯实学生专业基础，强化学生基本学术训练，坚持专业类基础课、专业核心课在专业课程体系中的基础地位，坚持专业基础知识在学生知识结构中的基础地位，坚持专业学术训练在能力培养中的基础地位。课程体系优化后，专业教育课占全部课程的65%以上。专业教育课中，选修课占30%以上。

(3) 构建了由研究方法、学科前沿、创业基础、就业创业指导等4类课程组成的创新创业教育课程体系。学校依托经济管理学院、EMBA课程总裁班等设置了86门创新创业教育课程，建设了为创新创业教育提供理论基础和方法的国家级精品视频公开课7门、国家级精品资源共享课3门。加强了创新创业教育教材规划和建设，陆续建立了388个案例组成的创新创业案例库。

三、改进教学方法，实施教师教学模式改革

高等学校要推进创新创业教育改革，培养具有国际竞争力的富有创新精神、勇于投身实践的创新创业人才，核心是要弥补应试教育的不足，提高学生独立思考能力和批判精神。这就需要从50分钟的课堂教学抓起。我校在2015年主干核心课教学模式改革课程试点的基础上，

于2016年制定出台了《内蒙古大学关于深化教师教学模式改革的意见》，正式启动了教师教学模式改革、学生学习方式转变、课程考核评价机制创新“三位一体”的课堂教学改革。

在课堂教学改革中，学校积极探索“中班授课、小班研讨、一对一答疑”的“小班课教学”。以中班课堂、小班课堂、一对一课堂“三个课堂”为主要平台，以师师互动、师生互动、生生互动“三个互动”为主要方法，以改变教师教学模式、改变学生学习方式、改变课程考核评价机制“三个改变”为核心目标，激发学生的学习兴趣、求知动力和探索精神，培养学生学术素养，提高学生自主学习、分析批判、创新思考、交流表达和团队合作等能力。在具体教学改革实践中，中班授课教学内容避免过细，增加课程深度和挑战性，在保证完成课程教学大纲任务的基础上，提出学科基础或学科前沿的探索性和开放性问题。小班研讨主要是学生在教师指导下，围绕教师提出的讨论问题，阅读相关参考文献，准备发言提纲，并在小组讨论课上阐述论证自己的学术观点。一对一答疑主要是鼓励学生就课程内容或准备小班讨论过程中存在的问题向教师进行请教。“小班课教学”达到了启发式讲授、探究式学习、互动式交流和批判式讨论的目的，在这一过程中，学生不只是知识的接受者，教师不只是知识的传授者，学生和教师更是知识的共同探索者。改革了学生课程综合考核评价机制，注重学习过程考查和学生能力评价，将学生的课程考核分为课程作业、讨论课、合作性学习、期中考试、期末考试五个教学环节，每个环节的学习成绩单独评定，分别占课程成绩的15%、10%、5%、20%和50%。

学校对教学模式改革课程在教师教学工作量核算、教学改革立项、教师岗位津贴核拨、教师职称评定及各种教学项目申报和评奖评优中给予政策支持和经费保障。教师教学模式改革以来，学校共有287门专业类基础课和专业核心课进行了教师教学模式改革，参与教师1065人次，参与学生18256人次。

与此同时，学校严格控制专业类基础课、主

干核心课的教学班容量，专业方向选修课贯彻“有选必开”的原则。目前，全校专业课平均班容量46人，公共必修课平均班容量65人，公共选修课平均班容量72人，最小的教学班容量为2人。

四、坚持制度创新，激发学生创新创业活力

制度创新是改革发展的推动力，高等学校要推进创新创业教育改革，必须补齐学生激情不足和教师队伍不足的“两个短板”。这就要制定政策，采取措施。一方面激发学生的创新创业热情，使学生能够自觉参与学校创新创业计划，科学谋划自己的职业生涯，主动将创新创业教育融入到自己的学习中。另一方面要优化教师队伍结构，建设一支与创新创业教育相适应、专兼职结合的高素质创新创业师资队伍。

(1) 健全创新创业教育体制机制。学校制定了《内蒙古大学深化创新创业教育改革实施方案》。建立健全了全校各部门、各院系的协同机制。成立了由校长任组长，分管本科教学工作的副校长任常务副组长、分管学生工作的党委副书记和分管科研工作的副校长为副组长，教务处、研究生院、团委、学生工作处、学生就业处、科学技术处、社会科学处等7个部门主要负责人组成的创新创业教育改革领导小组，定期研究部署学校创新创业教育的相关工作。

(2) 改革教学和学籍管理制度。学校实行弹性学制，允许学生3~6年毕业，建立了创新创业休学制度。2016年，共有29人因创新创业休学。在新版人才培养方案设置了5个创新创业学分，建立了创新创业学分积累与转化制度，将学生开展创新实验、发表论文、获得专利和自主创业等情况折算为学分。修订了《内蒙古大学本科生优秀学生奖学金评定办法》，设立了创新创业奖。修订了《内蒙古大学单项奖学金评选办法》，设立了“创新奖”和“创业奖”。建立健全激励机制，在推免研究生中视学生完成创新创业项目质量情况给予平均学分绩点加权，对取得优秀成果的校创项目进行经费追加或推荐为区创、国创项目。

(3) 建设高水平创新创业导师队伍。学校制定了《内蒙古大学学生创新创业导师管理暂行办法》，聘请 135 名知名科学家、创业成功者、企业家、风险投资人等担任创新创业课授课教师和指导教师，建立了 146 人组成的创新创业导师库。制定了《内蒙古大学选派教师到行业企业挂职锻炼管理暂行办法》，建立了相关专业教师、创新创业专职教师到行业企业挂职锻炼制度。近两年，共有 7 名教师到行业企业挂职。完善教师绩效考核标准，将教师指导项目和学科竞赛情况计入教学工作量，并纳入岗位津贴考核。

五、强化实践环节，增强学生创新实践体验

创新实践体验是我校“以学生为中心，学+教+创新实践体验”三元支撑的新型创新人才培养模式的重要支撑，强化创新创业教育是增强学生创新实践体验的重要途径，科学研究训练是创新创业教育的核心内容。2003 年学校开始实施“本科生创新培养基金计划”，探索建立以问题和课题为核心、以增强学生实践创新体验为目的的实践教学模式。

(1) 搭建创新创业实践平台。学校不断加强专业实验室、虚拟仿真实验室、创业实验室和训练中心建设。现有 100 个本科教学实验室、5 个本科生创新实验室、58 个本科生校外实习实训基地，2 个国家级实验教学示范中心、9 个自治区级实验教学示范中心，2 个国家级大学生校外实践教育基地。30 个省部级重点实验室、重点研究基地、工程研究中心全部向本科生开放。改革实验教学，打破原有实验教学大都为简单技能训练的局限，突出实验项目的先进性、专业性、创意性，使实验教学环节真正对接创新创业教育，提升到能够促进学生异想天开、启迪创新思维、培育双创能力的水平上来。成立了“内蒙古大学精英开发者联盟”“内蒙古大学创新之家”“内蒙古大学化工设计协会”“内蒙古大学百度校园俱乐部”等一批学生创新创业组织。“内蒙古大学精英开发者联盟”成为全国大学生创新创业联盟理事单位，荣获“百

佳社团”称号，成为全国 100 强创业社团。“内蒙古大学化工设计协会”获得全国大学生“小平科技创新团队”称号。

(2) 积极实施本科生科研训练计划。2003 年以来，学校不断加大经费投入力度、增加立项项目数量，扩大本科生参与科研训练覆盖面，本科生科研训练成效显著。目前已累计投入经费 1 857 万元，立项校级创新创业项目 2 481 项，获批国家级创新创业项目 379 项、自治区级创新创业项目 66 项，指导教师参与 2 293 人次，学生参与创新项目比例由 2003 年的 11.84% 增加到 2016 年的 45.38%。其中国家级人才培养基地学生参与面达到 81.67%，一半本科生受到创新选题、立项申报、课题实施、创新探索、成果撰写等全方面独立系统的创新训练。

(3) 努力打造学科竞赛平台。学校切实采取措施，加强组织领导，加大经费投入，积极支持学生参加各级各类学科竞赛。2012 年以来，共组织开展 38 类学科竞赛。2015、2016 年连续召开两届以“点燃创新创业火种、激发创新创业热情、营造创新创业氛围、培养创新创业人才”为主题的大学生创新创业论坛，通过举办特邀报告、学术交流、作品展示、经验分享等活动，为师生提供了分享体会、交流经验、展示成果、激发灵感的平台。2016 年发起并承办了“内蒙古大学杯”首届全国大学生生命科学创新实验大赛。近 5 年来，学生获得“挑战杯”“互联网+”“数学建模”等专题竞赛奖 1 139 项，其中国际奖 28 项，国家级奖 146 项、省部级奖 965 项。

创新创业教育已成为我国高等教育的主题。高等学校作为创新创业教育的重要载体，我们要牢牢抓住全面提高人才培养能力这个核心点，转变教育教学理念，把握教育与创新的内在联系，健全和完善创新创业教育体系，破解创新能力培养的现实困境和实践难题，营造宽容宽松的创新创业文化和氛围，提升创新创业人才培养水平，为国家创新驱动发展战略和地方经济结构转型升级提供有力的智力支持和人才保障。

[责任编辑：陈立民]

球壳结构介质在匀强电场中的静电势

周文平, 刘奕帆, 李健梅

(内蒙古大学 物理系, 内蒙古 呼和浩特 010021)

摘要:利用拉普拉斯方程讨论了球壳介质结构在匀强电场中的静电势分布, 结果表明: 平行电场线不仅会在介质表面处会聚, 而且还可能出现不变, 甚至是发散的情形. 并采用 MATLAB 软件对上述情形给与了直观验证.

关键词:球壳介质结构; 静电势分布; 匀强电场

中图分类号: O 441.1; O 411.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-0712(2014)04-0058-04

介质球, 导体球或导体椭球的静电势分布问题在许多数学物理方法课本^[1-4]或相关文献^[5,6]中都有详尽讨论, 不过球壳介质结构的电势分布问题还未见有相关报道. 本文在求解匀强电场中介质球静电势解析解的基础上, 推导出球壳结构介质在匀强电场中的静电势分布情况, 并利用 MATLAB 软件给出球壳结构解析结果的直观电势分布图. 该结果在特殊条件下完全可以过渡到介质球和介质壳的电势分布结果, 因此本文的讨论可作为介质球和介质壳的一般情形.

1 问题引出

首先, 简要讨论一下匀强电场中均匀介质球的静电势分布情况.

在匀强电场 E 中放置一个半径为 r_0 , 介电常数为 ϵ 的均匀介质球, 如图 1 建立球坐标系, 轴正向沿电场方向, 则介质球内外电势分别为^[1-4]:

$$u_i(r, \theta) = V_0 - \frac{3E}{\epsilon + 2} r P_1(\cos \theta) = V_0 - \frac{3}{\epsilon + 2} Ez \quad (1)$$

$$u_o(r, \theta) = V_0 - Ez + \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} r_0^3 E \frac{\cos \theta}{r^2} \quad (2)$$

球内电势 u_i 仍为匀强场分布, 只是场强减小为 $3E/(\epsilon + 2)$, 说明球内存在大小为 $-(\epsilon - 1)E/(\epsilon + 2)$ 的退极化场. 而球外电势 u_o 的前两项为外加匀强场

E 形成的电势分布, 第三项为介质球的束缚电荷产生的偶极矩电场形成的电势 u_1 的分布. 当 $r \rightarrow \infty$ 时, $u_1 \rightarrow 0$. 介质球极化束缚电荷分布在介质球的左右球面上.

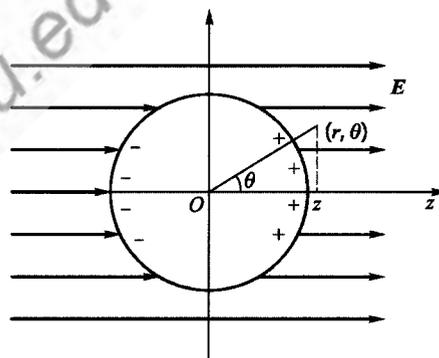


图 1

对(2)式求导可得沿半径方向的电场大小:

$$E_r = E \cos \theta + 2 \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{r_0^3}{r^3} E \cos \theta$$

上式说明, 介质球外靠近球表面的电场都是加强的, 球外电场线在球表面处要比原有匀强场的密集, 即电场线向介质端面汇聚, 如图 2 所示. 图中带箭头的线为电场线, 不带箭头的线为等势线(下同).

提出问题: 如果介质球变为内外半径分别为 r_2 、 r_1 , 内外介电常数分别为 ϵ_2 、 ϵ_1 的球壳结构, 那么介质内外的静电势又如何分布呢?

收稿日期: 2013-09-16; 修回日期: 2013-11-15

基金项目: 国家自然科学基金(11164017)、热物理系列课程国家级教学团队项目、内蒙古自然科学基金(2010MS0106)和内蒙古高校科研重点项目(NJ10001)资助

作者简介: 周文平(1973—), 男, 内蒙古包头人, 内蒙古大学物理科学与技术学院副教授, 博士, 主要从事数学物理方法和材料实验方面的教学工作以及磁性纳米材料方面的研究工作.

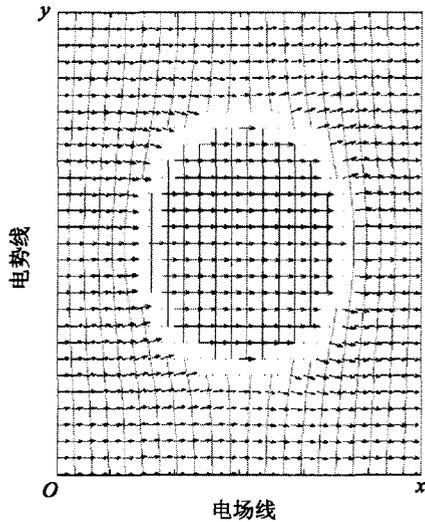


图 2

2 问题求解

按照图 3 建立球坐标系,上述问题构成轴对称拉普拉斯问题,其定解问题为:

$$\Delta u_0(r, \theta) = 0, \quad (r > r_1) \quad (3)$$

$$\Delta u_{i1}(r, \theta) = 0, \quad (r_2 < r < r_1) \quad (4)$$

$$\Delta u_{i2}(r, \theta) = 0, \quad (r < r_2) \quad (5)$$

$$u_{i2} \Big|_{r \rightarrow 0} \text{有限}, \quad u_0 \Big|_{r \rightarrow \infty} = V_0 - Ez = V_0 - Er \cos \theta \quad (6)$$

$$u_0 \Big|_{r=r_1} = u_{i1} \Big|_{r=r_1}, \quad u_{i1} \Big|_{r=r_2} = u_{i2} \Big|_{r=r_2} \quad (7)$$

$$\epsilon_0 \frac{\partial u_0}{\partial r} \Big|_{r=r_1} = \epsilon_0 \epsilon_1 \frac{\partial u_{i1}}{\partial r} \Big|_{r=r_1} \quad (8)$$

$$\epsilon_0 \epsilon_1 \frac{\partial u_{i1}}{\partial r} \Big|_{r=r_2} = \epsilon_0 \epsilon_2 \frac{\partial u_{i2}}{\partial r} \Big|_{r=r_2} \quad (9)$$

$$\begin{cases} A_0 P_0 + A_1 r_1 P_1 + \sum_{l=2}^{\infty} B_l r_1^{l-1} P_l = \sum_{l=0}^{\infty} (C_l r_1^l + D_l r_1^{-l-1}) P_l \\ A_1 P_1 - \sum_{l=2}^{\infty} (l+1) B_l r_1^{l-2} P_l = \epsilon_1 \sum_{l=0}^{\infty} [l C_l r_1^{l-1} - (l+1) D_l r_1^{-l-2}] P_l \\ \sum_{l=0}^{\infty} (C_l r_2^l + D_l r_2^{-l-1}) P_l = \sum_{l=0}^{\infty} F_l r_2^l P_l \\ \epsilon_1 \sum_{l=0}^{\infty} [l C_l r_2^{l-1} - (l+1) D_l r_2^{-l-2}] P_l = \epsilon_2 \sum_{l=0}^{\infty} l F_l r_2^{l-1} P_l \end{cases}$$

解上述方程组可得:

$$l=0: \begin{cases} A_0 + B_0/r_1 = C_0 + D_0/r_1, \\ B_0 = \epsilon_1 D_0, \\ (F_0 - C_0) = D_0, \\ -\epsilon_1 D_0/r_2^2 = 0. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_0 = C_0 = F_0 = V_0 \\ B_0 = D_0 = 0 \end{cases}$$

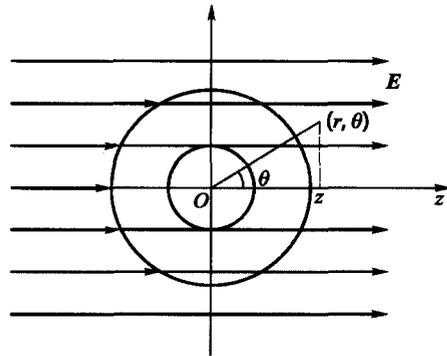


图 3

方程的形式解为:

$$u_0(r, \theta) = \sum_{l=0}^{\infty} (A_l r^l + B_l r^{-l-1}) P_l(\cos \theta) \quad (10)$$

$$u_{i1}(r, \theta) = \sum_{l=0}^{\infty} (C_l r^l + D_l r^{-l-1}) P_l(\cos \theta) \quad (11)$$

$$u_{i2}(r, \theta) = \sum_{l=0}^{\infty} F_l r^l P_l(\cos \theta) \quad (12)$$

将自然边界条件式(6)代入解式(10)得

$$\sum_{l=0}^{\infty} (A_l r^l + B_l r^{-l-1}) P_l(\cos \theta) = V_0 - Er \cos \theta$$

比较参量 r 的正幂项系数可得

$$A_0 = V_0, \quad A_1 = -E, \quad A_l = 0 \quad (l > 1)$$

对于 r 的负幂项,当 $r \rightarrow \infty$ 时,均为 0,所以得不到系数 B_l .

利用连续性条件式(7)以及衔接条件式(8)和式(9)可得:

$$l=1: \begin{cases} A_1 r_1 + B_1 / r_1^2 = C_1 r_1 + D_1 / r_1^2 \\ A_1 r_1 - 2B_1 / r_1^3 = \varepsilon_1 (C_1 - 2D_1 / r_1^3) \\ C_1 r_2 + D_1 / r_2^2 = F_1 r_2 \\ \varepsilon_1 (C_1 - 2D_1 / r_2^3) = \varepsilon_2 F_1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} B_1 = \frac{(2\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1)r_1^6 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)(1 - 2\varepsilon_1)r_1^3 r_2^3}{2(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2)(r_1^3 - r_2^3) + \varepsilon_1 \varepsilon_2 (r_1^3 + 2r_2^3) + 2\varepsilon_1 (2r_1^3 + r_2^3)} A_1 = b_1 A_1 \\ C_1 = \frac{3(2\varepsilon_1 + \varepsilon_2)r_1^3}{2(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2)(r_1^3 - r_2^3) + \varepsilon_1 \varepsilon_2 (r_1^3 + 2r_2^3) + 2\varepsilon_1 (2r_1^3 + r_2^3)} A_1 = c_1 A_1 \\ D_1 = \frac{3(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)r_1^3 r_2^3}{2(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2)(r_1^3 - r_2^3) + \varepsilon_1 \varepsilon_2 (r_1^3 + 2r_2^3) + 2\varepsilon_1 (2r_1^3 + r_2^3)} A_1 = d_1 A_1 \\ F_1 = \frac{9\varepsilon_1 r_1^3}{2(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2)(r_1^3 - r_2^3) + \varepsilon_1 \varepsilon_2 (r_1^3 + 2r_2^3) + 2\varepsilon_1 (2r_1^3 + r_2^3)} A_1 = f_1 A_1 \end{cases}$$

$$l>1: \begin{cases} B_l / r_1^{l+1} = C_l r_1^l + D_l / r_1^{l+1} & (13) \\ (l+1)B_l / r_1^{l+2} = \varepsilon_1 [(l+1)D_l / r_1^{l+2} - lC_l r_1^{l-1}] & (14) \\ C_l r_2^l + D_l / r_2^{l+1} = F_l r_2^l & (15) \\ \varepsilon_1 [lC_l r_2^{l-1} - (l+1)D_l / r_2^{l+2}] = \varepsilon_2 lF_l r_2^{l-1} & (16) \end{cases}$$

式(13)一式(16)为系数 B_l 、 C_l 、 D_l 和 F_l 的线性齐次方程组,且系数行列式不为 0,故系数 $B_l = C_l = D_l = F_l = 0 (l > 1)$.

从而得到问题的解析解:

$$\begin{cases} u_0 = V_0 - E r \cos \theta - b_1 E \cos \theta / r^2 & (17) \\ u_{i1} = V_0 - c_1 E r \cos \theta - d_1 E \cos \theta / r^2 & (18) \\ u_{i2} = V_0 - f_1 E r \cos \theta & (19) \end{cases}$$

3 结果讨论

3.1 壳外电势 u_0

壳外电势 u_0 (见式 17) 的前两项为外加匀强场 E 形成的电势分布,第三项为介质的束缚电荷产生的偶极矩电场形成的电势分布.

1) 若 $r_2 \rightarrow r_1$ 时,系数 b_1 的分子为

$$\begin{aligned} & (2\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1)r_1^6 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)(1 - 2\varepsilon_1)r_1^3 r_2^3 \approx \\ & [(2\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(1 - \varepsilon_1) + (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)(1 - 2\varepsilon_1)]r_1^6 = \\ & (3\varepsilon_1 - 4\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2)r_1^6 \end{aligned}$$

当 $3\varepsilon_1 - 4\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 = 0$, 即 $\varepsilon_1 = (\varepsilon_2 + 3)/4 = \varepsilon_{10}$ 时, $b_1 = 0$, 偶极作用为 0; 当 $\varepsilon_1 > \varepsilon_{10}$ 时, $b_1 < 0$, 偶极矩对外电场有加强作用; 当 $\varepsilon_1 < \varepsilon_{10}$ 时, $b_1 > 0$, 偶极矩外电场有削弱作用.

这说明,当给介质 2 外面包裹一层介质 1 时,在体系外边界处可能出现电场线不变化,会聚和发散 3 种情况(如图 4—图 6),这远比单纯介质球的内涵丰富得多.

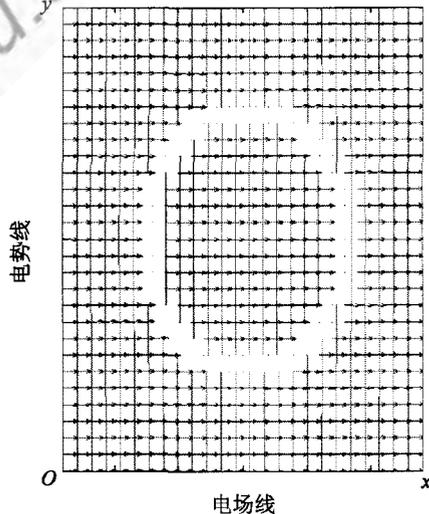


图 4

需要说明的是,因球壳较薄,因此图 4—图 6 中壳内的电场分布情况未给出,不过,在下面我们将进一步分析壳层内的情况.

2) 当 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ 时, $b_1 = -\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} r_1^3$, $u_0 = V_0 - E z +$

$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} r_1^3 E \frac{\cos \theta}{r^2}$. 这即为介质球在球外的电势分布(参见式(2)).

3.2 核内电势 u_{i2}

体系核内电势 $u_{i2} = V_0 - f_1 E r \cos \theta$, 显然也是匀强分布. 其中 $f_1 \in (0, 1)$, 说明球内也存在退极化场.

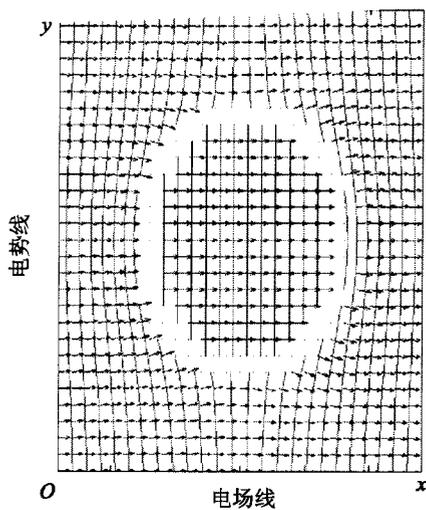


图 5

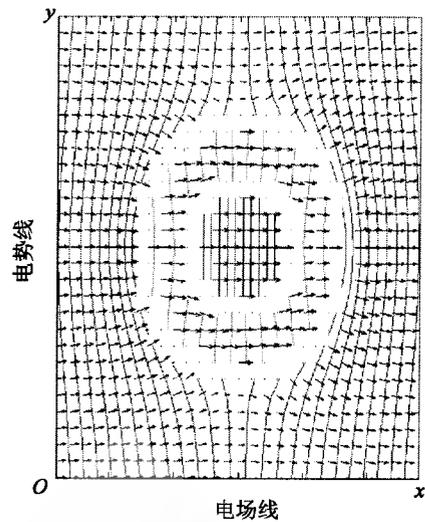


图 7

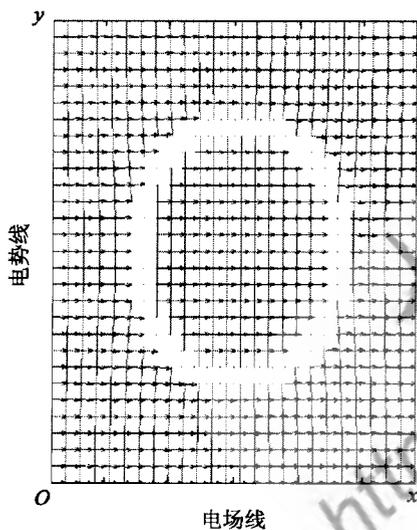


图 6

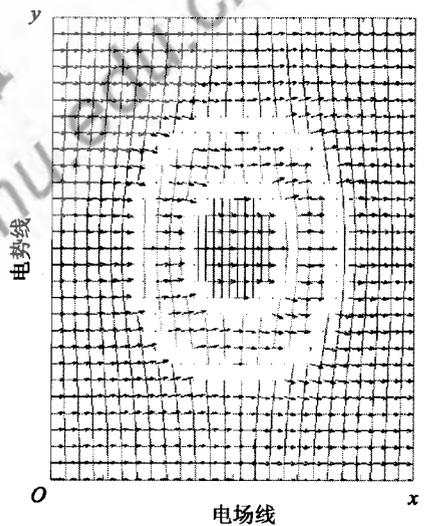


图 8

3.3 壳内电势 u_{ii}

体系壳内电势 $u_{ii} = V_0 - c_1 E r \cos \theta - d_1 E \cos \theta / r^2$, 其中系数 $c_1 \in (0, 1)$. 该结果可视为退极化匀强场和偶极场的叠加. 当 $\epsilon_1 > \epsilon_2$ 时, $d_1 > 0$, 偶极矩削弱外加电场(如图 7); 当 $\epsilon_1 < \epsilon_2$ 时, $d_1 < 0$, 偶极矩加强外加电场(如图 8).

3.4 介质壳结构

当 $\epsilon_2 = 1$ 时, 上述结果即可演变为球壳结构的电势分布.

4 总结

上述通过对球壳介质在匀强电场中的电势分析, 我们发现:

1) 体系外表面附近的电场可能出现会聚、发散

和不变化 3 种情况.

2) 壳层中的电场可能出现会聚和发散两种情况, 这完全取决于球和壳的介电常数. 当 $\epsilon_1 > \epsilon_2$ 时, 壳层中的电场是发散的; 当 $\epsilon_1 < \epsilon_2$ 时, 壳层中的电场是汇聚的.

3) 当 $\epsilon_1 = \epsilon_2$ 时, 体系的解恰是介质球的电势分布.

4) 当 $\epsilon_2 = 1$ 时, 体系的解演变为介质壳的电势分布.

致谢 感谢内蒙古大学梁希侠教授对本文的建议与帮助, 感谢北京师范大学彭芳麟教授对文中插图给与的指导, 感谢高校数学物理研究会和计算物

(下转 64 页)

普勒频移.事实上,太阳引力场的存在对光的传播就有引力频移效应,加上由地球和飞船运动造成的多普勒频移,合称引力多普勒频移(gravitational Doppler shift).地球和飞船的运动通过改变式(8-5-17)中的 b 而改变 δt ,由此可推出回波与发射波的相对频移 $(\nu'-\nu)/\nu$ 的公式:

$$\frac{(\nu'-\nu)}{\nu} = 4(1+\gamma)\frac{M}{b}\frac{db}{dt}. \quad (8-5-18)$$

利用上式就可以通过测量频移而测定 γ .与测量时间延缓相比,这种用测量频移来测定 γ 的方法可把精度提高一个量级,但过去由于日冕造成的干扰,频移无法测准.2002年发射的、探测土星的卡西尼飞船(Cassini spacecraft)由于装备有最先进的射电系统而可以克服这一困难,使准确测量频移成为可能.实验在2002年6月6日至7月7日进行,其中的6月21日最为特殊,那时地球、太阳和卡西尼飞船在一条直线上(地球与飞船分居太阳两侧).根据实验者发表的文章^[6],实验测得

$$\gamma = 1 + (2.1 \pm 2.3) \times 10^{-5},$$

以 2×10^{-5} 的高精度验证了广义相对论.借式(8-5-

14)可以推知布-迪理论的参数的下限高达 $|\omega| > 40\,000$.

广义相对论从1915年诞生至今已近百岁的“老人”.虽然存在着不可胜数的引力理论与它竞争,而且它又没有任何参数可供调节以适应实验数据(大有“宁折不弯”的味道),但竟然能在近百年来精度越来越高的大量实验的考验下屡战屡捷,长寿不衰,实在难能可贵.(反之,许多引力理论已经先后“中箭落马”.)然而,越是如此,人们越是跃跃欲试地设计出更多的实验来考验它,并很想知道当精度提高到哪一量级时它会与实验有所偏离.例如,欧洲的大型计划项目GAIA在众多的探测任务中就有检验广义相对论的一项,并且有望将检验精度再提高一个量级(将标准误差降至 10^{-6}),这个历时约十年的项目计划于2013年开始执行.(GAIA是Global Astrometric Interferometer For Astrophysics的缩写,汉语译为“全天天体测量干涉仪”).

(第8讲未完,待续)

(上接61页)

理研究会为本文提供的讨论平台(高等学校第四次计算物理和第十五次数学物理方法研讨会).

参考文献:

- [1] 吴崇试. 数学物理方法[M]. 2版. 北京: 北京大学出版社, 2003.
- [2] 梁昆森, 刘法, 缪国庆. 数学物理方法[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [3] 邵惠民. 数学物理方法[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [4] 姚端正, 梁家宝. 数学物理方法[M]. 3版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [5] 张之翔. 带电导体椭球的电势和电荷分布[J]. 大学物理, 2008, 27(1): 11-13.
- [6] 赵诗华, 周志君, 朱琴, 等. 均匀外场中的各向异性介质球[J]. 大学物理, 2011, 30(12): 26-28.

Study on electric potential of core-shell structured medium in uniform electric field

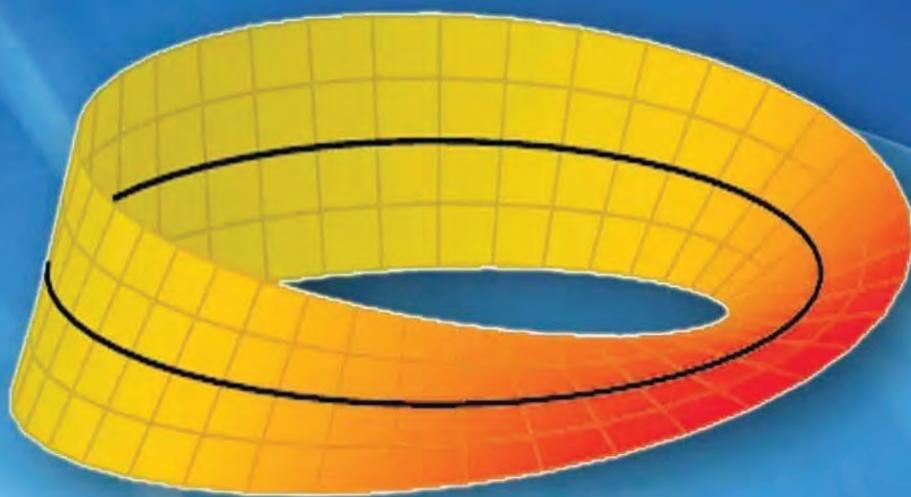
ZHOU Wen-ping, LIU Yi-fan, LI Jian-mei

(Department of Physics, Inner Mongolia University, Huhhot, Inner Mongolia 010021, China)

Abstract: The electric potential distribution of core-shell structured medium in uniform electric field is investigated by solving the Laplace equations. The results show that the parallel electric field lines have three cases nearby the surface of core-shell structured medium, which are convergence, divergence and constant case. Furthermore, the above are tested using MATLAB software.

Key words: core-shell structured medium; distribution of electric potential; uniform electric field

物理实验



国家级物理实验教学示范中心 典型教学案例集锦

国家级实验教学示范中心 物理学科组

前 言

2005 年教育部启动“国家级实验教学示范中心建设工作”（教高涵[2005]8 号），目的是推动高等学校加强学生实践能力和创新能力的培养，加快实验室建设，推进高校实验教学体系、内容、方法、队伍、管理及实验教学模式的改革与创新，提升高校办学水平和教育质量。在“十一五”和“十二五”期间，全国评审出 801 个国家级实验教学示范中心，其中，物理学科先后评出 50 个国家级实验教学示范中心，涵盖理工院校、师范院校和综合院校等。经过 10 年的建设，各中心结合自己学校的学科定位、人才培养目标和办学特色，不断加强内涵建设，在实验课程体系、实验项目内容、人才培养模式与教学方法、实验教学与管理信息化、实验教师队伍、设备配置与环境安全等方面不断进行改革、探索与创新，使人才培养质量显著提高，在全国高校实验教学改革和实验室建设中发挥了示范和引领作用。

2016 年 9 月，教育部高等学校实验教学指导委员会和高等学校国家级实验教学示范中心联席会决定通过征集具有显著的实验教学效果和鲜明特色的实验教学案例，形成《高校本科实验教学典型案例》汇编，为我国高等学校实验教学提供示范经验，通过参考、借鉴，带动高等学校实验室的建设和发展。为此，国家级实验教学示范中心物理学科组从各示范中心选出有代表性的实验教学典型教案，整理成教学研究论文的形式，在《物理实验》杂志连续发表，以期与其他兄弟院校分享示范中心建设成果，希望其他兄弟院校在物理实验教学的建设中，能从中有针对性地学习、参考和借鉴，取长补短，并进而有所创新和发展。

目 录

2017-01

- 小班与单元结合的教学形式·····北京大学基础物理实验教学中心
学生主导型物理实验·····南京大学物理实验教学中心
MOOC 混合式物理实验教学·····上海交通大学物理实验教学中心
系列化专题物理实验教学模式·····西安交通大学物理实验教学中心

2017-02

- 自由实验、乐学创新的近代物理实验教学·····清华大学实验物理教学中心
课内与课外教学的融合·····浙江工业大学物理实验教学中心
CUPT 开放实验·····武汉大学物理实验教学中心
文科物理实验·····复旦大学物理实验教学中心
基于学科竞赛和 SRTP 的课程体系建设·····西南交通大学物理实验教学中心

2017-03

- 医学物理实验课程建设与教学实践·····复旦大学物理教学实验中心
以单片机“钥匙坠”为纽带的计算机相关课程体系建设
·····天津大学精密仪器与光电子实验教学中心
课内外实践相融合的四层次物理实验课程体系·····东北师范大学物理实验教学中心
分层次、多模块课程体系·····内蒙古大学物理实验中心
将 CUPT 题目作为应用目标，纳入科研训练和实验物理技术课程
·····西安交通大学物理教学实验中心

2017-04

- 晶体光折变全息存储实验·····南开大学基础物理实验教学中心
玻璃折射率温度系数的研究·····复旦大学物理实验教学中心
电子漂移速度测量·····清华大学实验物理教学中心
碱金属原子极化特性的实验研究·····山西大学物理实验教学中心

2017-05

- 前沿科研进入近代物理实验教学模式·····云南师范大学物理实验教学中心
核技术应用物理实验平台·····南华大学核工程实验教学中心
密立根油滴实验·····南开大学基础物理实验教学中心
宇宙射线探测·····武汉大学物理实验教学示范中心

2017-06

- 成像法研究牛顿环·····上海交通大学物理实验教学中心
用衍射法测量细丝直径·····广西师范大学物理实验教学中心
纯色 LED 的色彩设计与测试实验·····中国科学技术大学物理实验教学中心
 θ 调制空间伪彩色编码·····青岛大学应用物理实验教学中心

分层次、多模块课程体系

(内蒙古大学 物理实验中心)

1 主要内容

实验中心自2000年成立时便确立“分层次、模块式”教学体系(图1),建立了由“预备实验、基础性、综合性、设计性、研究创新型”5个层次的模块化创新型实验教学新体系,并将“创新教育”始终贯穿5个层次的实验教学实践中。构建了“多层次、模块化、组合式、开放性”、“逐级递进、相互衔接、全面开放”的创新实验教学模式;突出自主学习与创新实践能力,有效地增强了学生的创新精神培养和实践能力训练,为后续课程夯实了基础,在教学过程中促进了学生的基本实验能力和素质,增强了学生的创新意识和能力,为进入创新实验室打下基础,培育了兴趣。

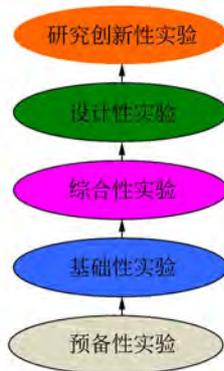


图1 分层次、模块式教学体系

2 创新点

将课程设置为“分层次、模块式”结构对不同基础的学生非常有利,经过预备实验以后,不同学习程度的学生基本上都掌握了物理实验的方法、常用仪器的使用和数据处理方式,为后续实验教学做好准备,再结合课件、网络视频、动画、虚拟仿真实验,学生能够很轻松地进入后续的逐步提高的实验教学环节,减少教师指导工作量。

3 主要成效

1)“分层次、模块式”的课程体系提高了学生的学习效果,对不同来源和层次的学生起到了“看齐”作用,让所有学生站在同一起跑线上进行下一步学习。

2)增加学生学习兴趣,让学生从开始实验时不觉得物理实验难做、无趣,引导学生逐步进入更高级别的实验,提升学生主动学习能力。

3)增加创新实验,利用教师科研项目 and 实验教师开发的项目,设立大量创新实验题目,让学有余力的学生在最后阶段进入创新实验室,尽早接触科研,增加了学生科研和创新的能力,推动实验教学持续发展。



(执笔:樊国梁)

[返回目录](#)

将 CUPT 题目作为应用目标,纳入科研训练和实验物理技术课程

(西安交通大学 物理教学实验中心)

1 主要内容

将 CUPT(中国大学生物理学术竞赛)的内容融入到科研训练和实验物理技术这2门课程中,是西安交通大学物理教学实验中心自2012年以来实施的教学新模式。该教学模式把该年度公布

的 CUPT 题目作为科研训练和实验物理技术这2门实践类课程要完成的作业,并且为学生建立了自主创新实验室,学生可以在该实验室完成所选择的题目。

在科研训练和实验物理技术课程中主要讲述与科研工作、实验物理相关的科研方法、仪器设计

文章编号:1007-2934(2014)05-0027-02

运用核物理教学实验测量和分析照明光源的辐射

云月厚,杨军

(内蒙古大学,内蒙古 呼和浩特 010021)

摘 要:用盖革—缪勒计数器对日光灯、白炽灯、LED等光源进行测量,发现日光灯发射高能光子,它能穿透包封感光胶片的黑纸。用能谱分析仪测量日光灯发射光子能谱显示,日光灯发射峰值能量为83 keV。因辐射对视网膜神经组织伤害较大,长期使用日光灯时要利用射线在空气中衰减很快的特性,应保持眼睛距日光灯50 cm以外。

关键词:计数器;能谱仪;日光灯;辐射

中图分类号: TG441.7

文献标志码: A

大学核物理实验教学一直采用盖革-缪勒计数器研究原子核衰变放射性计数统计分布规律及用能谱分析仪测量 Cs^{137} 、 $\text{Co}60$ 等标准源的 γ 能谱,核物理实验与社会生产实践联系较少,学生实验兴趣不高,我们将现开设的核物理实验进行拓展,用现有实验仪器对照明光源辐射进行对比研究,得到了有益结果,不仅对人们在使用照明光源时提供指导以有利于保护眼睛,且对拓展大学生科研训练有积极作用。已有研究表明高能光子对人体有害,特别是对视网膜神经组织的杀伤较大^[1-2]。日常中一般对电视机、计算机荧屏的辐射较为关注^[7],迄今还未见到有关照明光源辐射报道,运用核物理教学实验对照明光源辐射进行研究,经过用包装照相底片的黑纸滤波后,用盖革—缪勒计数器对几种照明光源辐射测量,用能谱分析仪测量了日光灯的发射能谱,结果显示普通荧光日光灯辐射的高能光子要远远超过LED、白炽灯、太阳光,并且不同品牌的日光灯辐射剂量差别也很大。

1 实验仪器

盖革-缪勒计数器(FJ-365),标准放射源 Cs^{137} ,单道能谱分析仪(FH10098)、记忆存储示波器(PM3266)、打印机(FH464)。

2 实验原理及测试方法

2.1 三种照明光源穿透黑纸辐射光子计数对比测量

盖革-缪勒(Geiger-Miller)计数器是常用的探测辐射仪器。可以准确记录入射光子或粒子数目,但不能区别能量大小和所带电荷多少。实验原理参见文献[3],测量前在铅室内用标准放射性同位素 Cs^{137} 做高能光子源,调整触发阈值、工作电压等工作参数。然后将光源放在距探测窗口不同距离下测试。为了滤掉可见光、紫外光,用包装照相底片的黑纸屏蔽计数器窗口。光源的入射光子穿过黑纸进入计数管,其触发的脉冲经过计数管探头、定标器,在打印机显示所接受的光子数目。

2.2 用能谱分析仪测日光灯的发射能谱

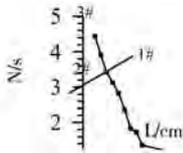
用能谱分析仪测试光源发射光谱的实验原理参见文献[3]。当光子射入闪烁晶体后,受激的晶体原子退激发射的光子数与入射光子的能量成正比,经过光电倍增管和线性放大器,单道脉冲分析器和自动定标器甄别,在打印机上显示出不同能量的光子数。测试前用放射性同位素 Cs^{137} 发射 γ 射线的184 keV的背散射峰和662 keV的全能峰,标定出能谱仪测量时能量刻度,然后测量日光灯发射光子的能谱。可以将阈值电压换算成能

量(keV)。

3 测量结果及讨论

3.1 照明光源辐射光子计数及发射能谱测量

当不用黑纸遮盖探测管窗口,在太阳光下计数的显示每秒计数 29342 个,在用黑纸屏蔽探测管窗口后,在太阳光下计数为 0。用黑纸滤波后,用盖革—缪勒计数器对不同厂家生产的 40 W 普通日光灯,如国产、台湾产、飞利浦等品牌的普通日光灯测试结果显示,不同品牌日光灯辐射高能光子差别很大,有些杂牌灯管辐射量是飞利浦灯管的十余倍。为便于对比,图 1 画出用 100 s 定时测量,在不同距离时,40 W 飞利浦灯管、40 W 白炽灯、40 W LED 灯发出的穿透黑纸的光子数如图 1 所示。



1#: 日光灯;2#: 白炽灯;3#: LED

图 1 三种光源计数率随距离的变化关系曲线

利用单道能谱分析仪,选取 300 s 定时,测量 40 W 飞利浦日光灯发射能谱,如图 2 所示。

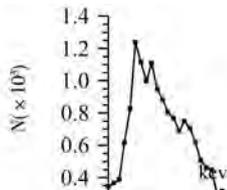


图 2 日光灯的发射能谱

在刚超出紫外波段时,光子数量不大,随着能量增加在 83 keV 有一个很高的射线峰,其半高宽是 50 keV ~ 260 keV,图中已将能谱仪的阈值换算成能量。

3.2 结果分析

普通荧光日光灯是在管中充有汞或少量其它元素,在交变电场作用下,灯管辉光放电,绝大多数光子来自中部等离子区^[4]。主要是 Hg 最外层 6S 壳层电子受激发射,其电离能是 10.44 eV;退激时发射紫外光,紫外光照射管壁荧光粉层转化为可见光^[5]。在离子、电子碰撞中,会有少量内层电子被激发,退激时会发出较强射线,其中大部会被日光灯管壁荧光粉层俘获,但会有少数高能

光子逸出形成高能光子辐射。可见光能量是 1 ~ 7 eV,紫外光是 7 ~ 1 keV,X 射线是 1 k ~ 300 keV,300 keV 以外是 γ 射线。图 2 所示的主要光子辐射所呈现的复杂谱形与灯管中的其它元素、荧光粉材料、能谱分析仪晶体的散射效应等问题有关。

实验结果表明,普通荧光日光灯辐射的高能光子数量要远远超过白炽灯和 LED 灯。并且实验显示穿透黑纸的高能粒子在空气中按指数规律衰减的很快,在超过 50 cm 后其强度已显著减小。日光灯辐射的射线在空气中,一般对人体不构成威胁,但在较近距离,特别是近距离使用日光灯时,其辐射对视网膜神经组织的杀伤作用不可忽视。虽然辐射剂量拉德(red = 100 erg/g)很小,但视网膜神经组织生物学效应系数(RBE)很大^[6-10],生物辐射剂量公式为:

$$\text{伦姆(rem)} = \text{拉德(red)} \times \text{RBE}$$

长期近距离使用光源的科研、教学、医务人员应注意防护,使用近距离光源时应采用白炽灯或 LED 灯为宜。

参考文献:

- [1] 钱大可,史元明. 辐射防护中弱贯穿辐射的监测[J]. 辐射防护,1994,14(4):34-36.
- [2] 李星洪. 辐射防护基础[M]. 北京:原子能出版社,1982,102.
- [3] 吴思诚. 近代物理实验[M]. 北京:北京大学出版社,1986,156-170.
- [4] B·斯皮瓦克. 专门物理实验[M]. 北京:高等教育出版社,1965,188.
- [5] 褚圣麟. 原子物理学. [M]北京:人民教育出版社,1979,211.
- [6] 国际辐射单位与测量委员会(ECRU)第 51 号报告. 辐射防护剂量学中的量和单位[J]. 辐射防护通讯. 1994,14(6):149-151.
- [7] 任礼华,吴锦海,张传座. 电视机、电脑显示屏与 β 辐射的关系[J]. 上海环境科学,1998,17(8):31-34.
- [8] 吴晓晨,蔡喆,彭振坚等. 灯和灯系统的光生物安全检测分析[J]. 信息技术与标准化,2010(7):51-54.
- [9] 陈慧挺,蔡喆,吴晓晨等. 扩展光源的辐射亮度及人眼危害[J]. 照明工程学报,2012,23(1):43-45.
- [10] 王玮彬,翁凡钟,沐阳等. 光子在塑料闪烁体内的传输速率测量[J]. 大学物理实验,2012(3):14-17.

(下转第 38 页)

The Adjustment of Telescope in Measuring Young's Modulus

FENG Long-lin, LI Zhi-kun

(Huaiyin Institute of Technology, Jiangsu Huai'an 223003)

Abstract: Based on analysis of the structure and principle of telescope, a method of focal length setting for focusing handwheel of telescope in different cases is given, it avoids students blindly adjust focus in experiments.

Key words: telescope; focusing handwheel; Young's Modulus

(上接第 28 页)

Measurement and Analysis of Emissive Radiation of Lighting Source

YUN Yue-hou, YANG Jun

(Inner Mongolian University, Huhhot 010021, China)

Abstract: The Fluorescent lamp, the incandescent lamp, LED and so on were measured by G-W counter. The result shows the fluorescent lamp can emit high energy photon that can penetrate black paper with it covering photo sensitive film. It is measured by energy spectrometer that the fluorescent lamp emits energy spectrum of photon, which shows that emission peak's energy of the fluorescent lamp is 83 keV. Radiation can hurt nervous tissue of the retina while the fluorescent lamp has been used for a long time, character that the radiation declines sharply in air may be utilized. The distance ought to be beyond 50cm between the eyes and the fluorescent lamp.

Key words: counter; energy spectrometer; fluorescent lamp; radiation

结合具体问题探讨电动力学的教与学*

张利绒 刘俊杰

(内蒙古大学物理科学与技术学院 内蒙古 呼和浩特 010021)

(收稿日期:2012-07-07)

摘 要:针对电动力学课程理论性强、概念抽象的特点,采取了由简到繁、由特殊到一般,强调物理意义的教学方法,注重培养学生逻辑推导和思维能力,激发学生对电动力学的学习兴趣,从而提高教学质量。

关键词:电动力学 概念抽象 物理意义 学习兴趣 教学质量

引言

电动力学是研究电磁场的基本属性、运动规律及其与带电物质之间相互作用的一门课程。电动力学是以麦克斯韦方程组(包括积分形式和微分形式)、洛伦兹力公式和物质的电磁性质方程为出发点,分别讨论在静态($\frac{\partial}{\partial t}=0$)、时变态($\frac{\partial}{\partial t}\neq 0$)、含源区($\rho\neq 0, \mathbf{J}\neq 0$)、自由空间($\rho=0, \mathbf{J}=0$)、介质内部与表面处(包括导体与绝缘体)、有界空间(以导体为边界)等不同条件下电磁场的空间分布和运动变化规律。通过该课程的学习,希望学生掌握电磁场的基本规律,加深对电磁场性质的理解和建立相对论时空观,掌握用微积分理论和比较复杂的数学推导分析和处理基本问题的能力,深刻体会电磁场的物质性^[1,2]。“电动力学难学”是高等学校物理类专业学生的普遍反映。相比电磁学课程,电动力学在思维方法、数学工具及习题难度等都有明显的变化。不少学生由于学习方法的不适应,不能很好地掌握这门课程,并用来解决实际电磁场问题,使得教学效果不够理想。如何解决好这个教和学的难题,是广大物理专业学生和从事电动力学教学的教师们所关心的问题^[3,4]。

本文从教学实践出发,就如何提高电动力学的

授课效果,激发学生学习的主动性和创造性,提高这门课程的教学质量,提出了一些具体的实施方法。

1 充分的数学准备

电动力学课程中大量使用了数学运算符号,例如:拉普拉斯算符、旋度、散度、梯度、点乘、叉乘……这些符号及其相关的运算非常抽象,很难准确地理解它们具体的物理意义。为了解决这一难题,我们一方面向同学们强调引入符号的目的是使公式变得形式简单,强调熟练掌握散度和旋度等数学符号是学习电动力学的关键,从而引起学生的重视。另一方面,阐述了电动力学中数学基础与物理内涵的关系,那就是:矢量分析和数学物理方法好比电动力学的双腿;电动力学的实验、定义、公式、方法、应用是它的躯干;物理概念、物理思想、物理图像和物理思维方式是它的灵魂。

教学实践中我们增加了数学准备的学习内容,包括五节:

(1) 矢量分析与张量初步;

(2) 矢量场论;

(3) 梯度、散度和旋度在直角、球、柱坐标系中的表示及一些重要公式;

(4) 矢量的积分变换定理、格林定理;

* 国家自然科学基金项目,项目编号:60963015;内蒙古自然科学基金项目,项目编号:2009BS0102

作者简介:张利绒(1972-),女,博士,副教授,研究方向:理论物理。

(5) 函数与点电荷密度.

这样,我们将后续课程中用到的重要公式和定理提前准备好,方便同学们集中精力学习电动力学的内容,理解物理知识的内涵和精髓.例如,在电磁场问题中,我们经常要用到场论中散度的概念.因此,在数学准备中,从场论的角度出发,给出散度的普遍定义

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\oint_S \mathbf{A} \cdot d\mathbf{S}}{\Delta V} \quad (1)$$

并强调散度的意义是:对于矢量场 \mathbf{A} ,散度表示场中一点处通量对体积的变化率,也就是在该点处对一个单位体积来说所穿出之通量,所以又可称为通量源密度,表示该点处源的强度.图 1(a) 表示在场中某一点处,若 $\nabla \cdot \mathbf{A} > 0$,则该点有发出通量线的源(正源);图 1(b) 表示在场中某一点处,若 $\nabla \cdot \mathbf{A} < 0$,则该点有吸收通量线的源(负源);图 1(c) 表示在场中某一点处,若 $\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$,则该点无源,若矢量场所有点的散度都等于零,则称该矢量场为无源场,静电场就是无源场^[5].

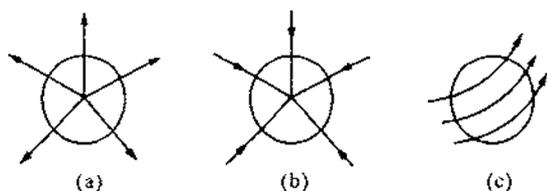


图 1 场散度的意义

2 强调概念和定理的物理意义

静电场的唯一性定理对于解决实际问题具有重要的意义.为了让同学们更好地掌握这一定理的内容以及它的应用,我们采取以下几个步骤来实现.

2.1 唯一性定理的内容^[1,2]

首先,结合亥姆霍兹定理,给出唯一性定理的内容.根据亥姆霍兹定理,在矢量场空间某一区域内,给定场的散度和旋度以及在区域边界上的法向(或切向)分量,则该矢量场在区域内唯一确定.静电场的唯一性定理确切地表述了需要给定哪些具体条件,静电场的解才能唯一的被确定.为方便同学记忆,我们强调三个层次.

(1) 满足泊松方程

$$\nabla^2 \varphi_i = -\frac{\rho}{\epsilon_i} \quad (i=1,2,\dots,m)$$

(2) 满足两个边值关系

$$\varphi_i|_{s_j} = \varphi_j|_{s_j}$$

和

$$\epsilon_i \frac{\partial \varphi_i}{\partial n} \Big|_{s_j} = \epsilon_j \frac{\partial \varphi_j}{\partial n} \Big|_{s_j}$$

(3) 给定两个边界条件:电势 $\varphi|_s$ 或电势的法向偏导数 $\frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_s$.

2.2 强调唯一性定理的重要意义

唯一性定理给出了确定静电场的条件,为求解电场强度指明了方向.更重要的是,它具有十分重要的实用价值.无论采用什么方法得到解,只要该解满足泊松方程和给定的边界条件,则该解就是唯一正确的解.因此对于许多具有对称性的问题,可以不必用繁杂的数学过程去求解泊松方程,而是通过提出尝试解,然后验证是否满足方程和边界条件.满足即为唯一解,若不满足,则加以修正,最后给出满足已知条件的正确的解^[3].

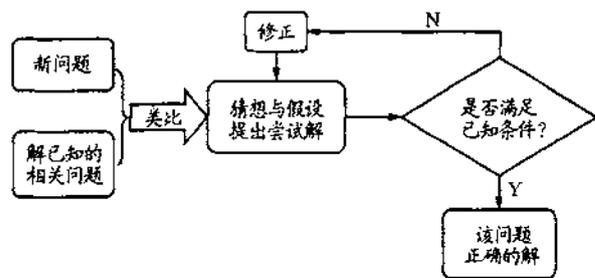


图 2 唯一性定理的意义

我们的教学宗旨不仅是知识的掌握,更重要的是能力的培养.因此,在实际问题中,可以根据有限的特殊条件下的实验结果和规律,归纳出在一般情况下的普遍规律,其结论可能是对的(经得起新实验的检验),也可能是错的(经不起多数实验的检验),就需要进一步修正结论,从而得出新结论,如图 2 所示.实际上,问题的结论是“猜”出来的,谁猜的本领高,谁就能发现真理,这里面包括科学家天才的想象力与严密的理论思维能力.麦克斯韦方程组的得出就是运用这种归纳法的光辉范例,它不是对静电场

与似稳场的简单归纳,在此基础上,麦克斯韦提出了两个假说(涡旋电场和位移电流),体现了他天才的想象力和逻辑思维能力.

2.3 证明过程采取由简到繁 层层递进的方法

静电场的唯一性定理涉及到多种介质,包括有导体的情形.因此,在证明定理的过程中,为了便于学生理解和掌握,我们分为以下几种情形:

- (1) 均匀单一介质;
- (2) 介质均匀分区,但不包含导体;
- (3) 均匀单一介质中有导体.

结合以上三种情形,对于多介质,有导体的区域的复杂静电场问题就迎刃而解了.

3 一题多解 理解内涵

针对同一个问题,往往不止有一种解法.一题多解既能激发学生的学习兴趣,又能开拓学生思路,是将所学知识融会贯通,培养学生思维能力的一种教学手段.下面将以一个狭义相对论的问题为例,将“一题多解”的方法应用于物理教学中,有助于贯穿知识链条,理解抽象的物理概念,熟练的解决问题.

题目:一静止长度为 l_0 的火箭以恒定速度 v 相对 S 系运动,如图 3 所示.已知 A 端发出一光信号,当信号传播到 B 端时,需要多长时间^[1].

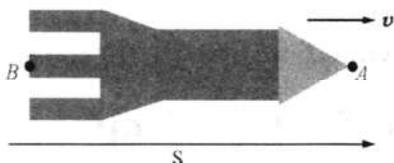


图 3

3.1 利用长度收缩讨论

在火箭上建立 S' 坐标系,则 S' 相对 S 系的速度为 v .在 S' 系中,光信号由 A 端到达 B 端需要的时间为 $\Delta t' = \frac{l_0}{c}$.在 S 中观测,由于长度收缩,火箭的长度为 $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.考虑火箭尾端的推进,设光信号由 A 端到达 B 端需要的时间为 Δt ,有 $\Delta t = \frac{l - v\Delta t}{c}$.因此

$$\Delta t = \frac{l_0 \sqrt{c-v}}{c \sqrt{c+v}} \quad (2)$$

3.2 利用洛伦兹变换

考虑光信号发出和接收这两个事件,设发出信号称为事件 A ,接收信号称为事件 B ,则在 S' 坐标系中,其时空坐标分别为 (x'_A, t'_A) 和 (x'_B, t'_B) ;在 S 坐标系中,其时空坐标分别为 (x_A, t_A) 和 (x_B, t_B) .

(1) 由洛伦兹变换的时间变换式,有

$$t'_A = \frac{t_A - \frac{vx_A}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad t'_B = \frac{t_B - \frac{vx_B}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (3)$$

可知

$$t'_B - t'_A = \frac{(t_B - t_A) - \frac{v(x_B - x_A)}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (4)$$

将 $(x_B - x_A) = -c(t_B - t_A)$ (注意这里 $t_B - t_A > 0, x_B - x_A < 0$) 代入上式,得到

$$\Delta t = \frac{l_0 \sqrt{c-v}}{c \sqrt{c+v}}$$

(2) 由洛伦兹变换的坐标变换式,有

$$x'_A = \frac{x_A - vt_A}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad x'_B = \frac{x_B - vt_B}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (5)$$

可知

$$x'_B - x'_A = \frac{(x_B - x_A) - v(t_B - t_A)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (6)$$

将 $x'_B - x'_A = -l_0$ 和 $x_B - x_A = -c(t_B - t_A)$ (注意这里 $x'_B - x'_A < 0, t_B - t_A > 0, x_B - x_A < 0$) 代入上式,得到

$$\Delta t = \frac{l_0 \sqrt{c-v}}{c \sqrt{c+v}}$$

通过讨论这一问题的多种解法,学生可以将所学的知识融会贯通,深刻理解洛伦兹变换是狭义相对论时空观的集中体现,体现了狭义相对论原理和光速不变原理,建立了空间坐标和时间坐标从一个惯性系变换到另一个惯性系的变换规律.同时,通过一题多解这一教学方式,启发和引导学生从不同角度

度、不同思路,运用不同的方法和不同的运算过程解答同一个物理问题,从而培养学生拓展式的、开放的思维能力.

4 教与学的互动

电动力学难学,主要体现在理论性强,概念抽象,公式繁多,习题难解.

在教的过程中,光是自己懂得和准确表达不行,重要的是备课前摸透学生水平和思维特点,并据此设计讲课方案,重点处想好每一句话.通过充分备课,反复思考,做到不留任何死角;深入理解课程内容,吃透物理概念,熟悉数学推导,精心选择表述用语,力争讲好每一节每一段.教学本质上是一个师生互动的过程,应该运用问题引入、讲授、讨论、提问、答疑等师生互动式教学方式,深入浅出,激发学生兴趣,引发学生思考.课后与学生进行正式和非正式的讨论,针对学生提出的问题探讨解题思路或解决问题的关键,使学生了解课程相关的学术前沿和潜在的学术资源,带领学生在探索之路上前行,并激荡产生创造的火花.

在学的过程中,注重培养学生预习、听课、阅读、复习和总结的学习习惯.通过课前复习学习过的内容,以提问的方式了解学生对概念、原理、方法的掌

握程度.课程内容前后衔接紧密,培养学生及时解决问题的习惯,有助于后续课程的学习.否则,一旦问题积累下来成了包袱,就会压得学生喘不过气来,再要想好学好懂,就会感到压力重重了,很多同学就此开始放弃学习.要求学生对例题要认真钻研,精做习题,加强运算能力训练.通过看例题的题解过程,认真完成课后习题,从而掌握各种问题的类型及其基本解法,做到“一题多解”和“一法多用”.最后,培养物理与数学问相互“翻译”的能力,做到熟练地运用数学工具,独立地对教材内容进行推导,并明确它们的物理意义和物理图像.

参考文献

- 1 郭硕鸿.电动力学(第三版).北京:高等教育出版社,2008
- 2 汪德新.电动力学.北京:科学出版社,2005
- 3 黄迺本,李志兵,林琼桂,王雪华,司徒树平,方奕忠.电动力学研究性教学探索与实践.大学物理,2009,28(10):51~53
- 4 崔燕岭,姜元成,张培峰.电磁学与电动力学的关联教学.物理通报,2010(10):12~14
- 5 于洛平.电动力学百问.济南:山东教育出版社,1996
- 6 宋福,李英华.电动力学教学指导(第2版).西安:西安交通大学出版社,2000

Discussion on Teaching and Studying of Electrodynamics in Combination with the Specific Problems

Zhang Lirong Liu Junjie

(School of Physical Science and Technology, Inner Mongolia University, Inner Mongolia, Huhhot 010021)

Abstract: The electrodynamics is a different course for many undergraduate students because it is in theoretic and abstracted. So we teach students step by step, from the specific to the general, and inform students that it is very important understanding physical significance. By training students' ability of logical deduction and thinking, the students' interest of studying electrodynamics course can be brought up and the teaching quality can be improved.

Key words: electrodynamics; physical significance; logical deduction and thinking; teaching quality

The Design of Network Testing System for College Physics Experiment

Guo-Liang Fan*, Jun-Jie Liu, Ri Na

Department of Physics, School of Physical Science and Technology, Inner Mongolia University, Hohhot, China
(eeguoliangfan@sina.com)

Abstract—This paper introduced a system for college physics experiment testing by using the soft and hard resources and the opening technology of WEB. The rule of constructing the test paper is randomly choosing according to the difficulty coefficient, and the rule can improve the confidentiality, objectivity and fairness of the paper. At the same time, the system has the function of questions editing, constructing the test paper, online testing, score management, etc. The system can improve the working efficiency and teaching effect of college physics experiment and reduce the workload of teachers. It gives a valuable reference for the testing of other public courses.

Keywords—online testing, college physics experiment, ASP, educational administration management

大学物理实验网络考试系统设计

樊国梁 刘俊杰 那日

内蒙古大学物理科学与技术学院, 内蒙古 呼和浩特

摘要 文章介绍了一种利用已有软件、硬件资源和开放的 web 技术设计的大学物理实验考试系统。系统采用根据难度系数随机组卷的原则, 增强了试卷的保密性、客观性和公平性。同时, 系统还具有试题编辑、随机组卷、在线测试、成绩管理等功能, 提高了大学物理实验教学的工作效率和教学效果, 减轻了老师的工作量, 为其它公共课程的考试提供了一种有价值的参考。

关键词 精品课程, 教学改革, 大学物理实验

1. 引言

随着计算机的普及, 考试网络建设越来越成熟, 网络在线考试系统在考试中的应用越来越多。大学物理实验是高校各工科专业的必修课程之一, 而教务管理工作所涉及的命题、组卷、印刷、组织考试、阅卷等工作量非常大, 以及传统笔试试卷不利于试卷标准化, 有必要将该课程的部分考试内容借助于网络实验室, 采用无纸化网络考试。

随着时代的发展, 计算机技术迅速发展, 科技进步对于教育提出的要求越来越高, 机试逐步代替笔试成为很多课程的考试方式。所以对于大学物理实验课后考试、考查也将逐步进入机试考试的大潮中。所以本文旨在于设计一套基于 ASP 技术的大学物理实验考试系统^[1,2], 用于解决实验考试中工作量大、工作效率低下的问题, 为实践课程的

教学管理网络化注入新的元素。

2. 系统模块结构划分

对于网络考试来说, 针对的对象分为学生、教师和管理员, 每个角色都有不同的权限和任务。因此, 在设计系统时, 要充分考虑到每个对象之间的相互关系, 以对象任务为主体进行模块划分, 分为管理员模块、教师模块和学生模块^[3,4]。三个模块的功能关系如图 1 所示。

2.1 管理员模块

该模块主要完成试题库的维护, 包括试题的查询、录入、修改、组卷等功能。对试题的直接查找难度较大, 我们采用模糊查询方式, 确保查到需求的试题。先查到试题的题号, 并调出该题目的相关内容, 然后对该试题进行修改。另外, 通过查询功能在组卷时可以方便快捷地找到所

内蒙古自治区精品课程“大学物理实验”项目支持。

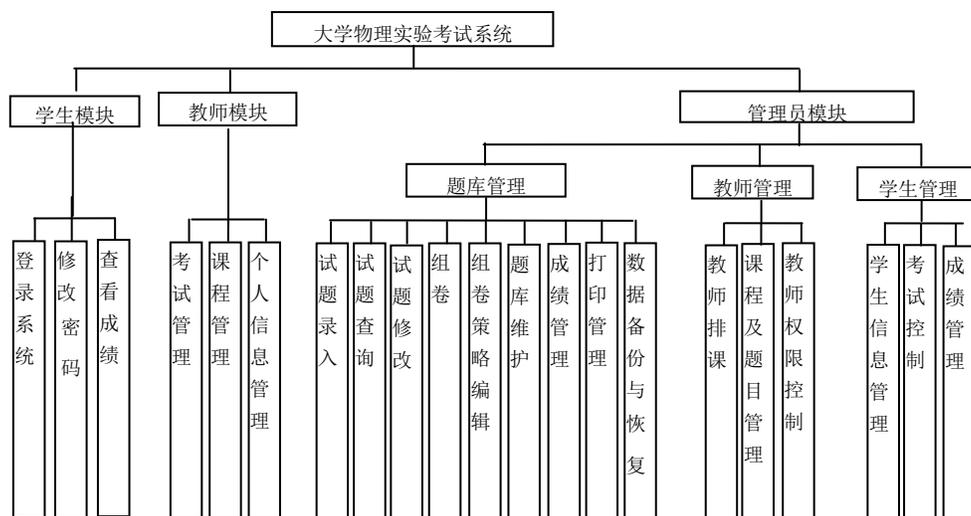


图1 系统功能框图

需的试题。试题录入功能是对题库中试题的更新，录入时除了试题需要的题面、答案以外，还要录入一些其他信息，比如试题类型、难度系数、适合专业等信息，以方便组卷时控制组卷策略。组卷是考试系统设计的核心，我们设计了两种考试模式：统一考试和每个实验考一个题。如果按照第一种模式，管理员可以选择一定的组卷策略，通过控制参数的输入，自动生成试卷。按照学生的学号、实验时间进行考试题目的选择。在系统数据库设计中利用一个抽题规则库，通过设定不同难度的试题及不同题目类型的出题数量以确定考试内容；然后，根据所需要的试题量产生随机数，进行抽题；最后，将所抽出的题放入试卷库，则生成试卷。对不同的学生会重复这个生成试题的过程。如果是按照一个实验一个题目的原则进行考试

管理员模块除了对试题进行控制外，还要对学生进行控制，包括对学生信息的确认，判断该学生是否在某一阶段进行了物理实验并判断该学生是否可以参加考试。

管理员模块还包括对大学物理实验的老师进行管理，即判断教师负责的实验以及上课时间。

2.2 教师模块

教师模块相对简单，登录后点击“考试管理”按钮，学生输入学号即进入考试状态。由于开放式实验教学，学生可能在同一天进行了两个实验题目，所以，按照第二种考试模式，就需要根据学生当天实验情况作出判断，学生是参加哪个实验相对应的考试，给出正确的题面。

2.3 学生模块

学生模块的作用是为了使学生可以及时、清晰的得知

自己对于考试内容模块是否掌握，可以方便的得知自己的成绩。

3. 考试流程

当系统进行考试时，必须按照一定的流程进行，如图2所示，当学生输入学号，然后根据学号、老师姓名以及时间进行判断，首先确定该生是否有资格考试，以及是否过了考试时间或未到考试时间进行处理，最后确定该次实验题目，根据实验题目进行抽题考试。

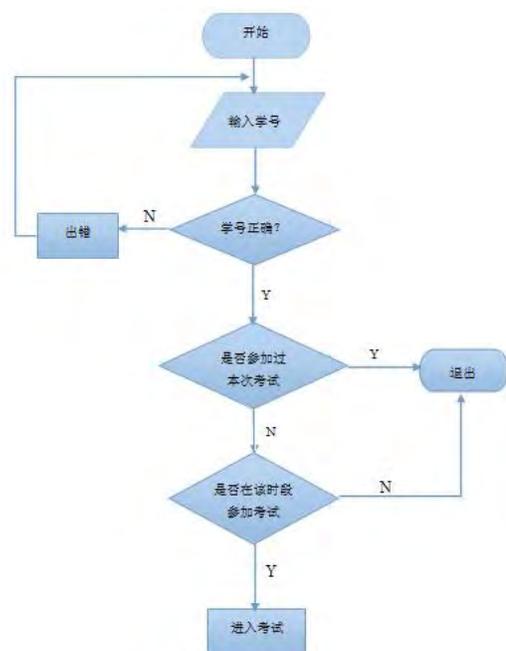


图2 考试流程图

考试过程中有考试时间提醒，考生在完成答题后需要进行交卷操作，或超过考试时间系统将自动进行交卷操作。

当系统进行统一考试模式处理时，就不需要以上判断，只要管理员组好试卷，选好考试班级，学生输入学号即可从组好的试卷中抽取一份试卷进行答题，和每个实验考一个题不同的是考试的题目数量有所区别。

3. 结束语

在大学物理实验考试系统的实际使用过程中对本程序进行了必要的测试和修改，不断进行完善，而且对该系统的数据库进行不断的添加、修改，该实验考试系统基本趋于完整和成熟，在实验考试中扮演了非常重要的角色，为实验管理系统增加了更为丰富的功能，节省了人力物力，

在实验考试中开创了新的方式，同时为其它课程的考试提供了更为灵活的模式。

参考文献(References)

- [1] D. H. Zhang, *ASP program and application*. BeiJing: China Machine PRESS, 2002.
- [2] C. Jeff, P. M. John, *C# All-In-One Desk Reference Dummies*, Wiley publishing Inc, 2009.
- [3] T. Zhang, "The Research and development of online test system," *Information Science*, vol. 21, no. 8, pp. 871-876, 2003.
- [4] X. D. Cheng, "The Development and Implementation of online test system," *Health Vocational Education*, vol. 25, no. 7, pp.67-68, 2007.

The Formation, Development and Practice on Excellent Course of College Physics Experiment

Guo-Liang Fan*, Jun-Jie Liu, Ri Na

Department of Physics, School of Physical Science and Technology, Inner Mongolia University, Hohhot, China
(eeguoliangfan@sina.com)

Abstract—The paper introduces the reform of teaching course system and management mechanism in science and technology universities based on the construction process on excellent course of college physics experiment. And it also introduces the experiences about realization hierarchical and modular teaching, the improvement of methods and aids in teaching, strengthen the construction of teaching staff and promoting the construction of textbook and network, which acquire remarkable effect and play a demonstration effect for the construction of excellent course. It mainly introduces the construction idea, basic features and practical effect of excellent course of College Physics Experiment in order to learn from each other by exchanging views and improve this course.

Keywords—Excellent Course, Teaching Reform, College Physics Experiment

大学物理实验精品课的形成、实践和发展

樊国梁 刘俊杰 那日

内蒙古大学物理科学与技术学院, 内蒙古 呼和浩特

摘要 文章根据大学物理实验精品课程的建设过程,介绍了高校理工科在通过教学课程体系和管理机制的改革,实现教学的层次化、模块化以及教学手段和方法的改进,加强了师资队伍建设,推动了教材和网络建设,取得了显著成效,并总结了经验,为精品课程建设起到了示范作用,阐述了大学物理实验精品课程的建设思路、基本特色、实践效果,起到相互交流和加强建设作用。

关键词 精品课程, 教学改革, 大学物理实验

1. 引言

21世纪是知识经济和信息时代,衡量一个国家社会物质与精神文明的水平、国力的强弱,从根本上说是取决于其高等教育培养的人才数量与质量。我国高等教育的任务是培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才,发展科学技术,促进社会主义现代化建设[1]。在一定意义上说,实践教学是培养具有创新精神和实践能力的主渠道,它是将学生的知识教育、能力培养及科学素养有机结合起来,通过各个环节(试验、实习、设计、课外科技活动)去实现学校人才培养目标定位的要求,它也是表征高等教育质量的一个十分重要的方面。

实验教学是物理学本科生的培养过程中最重要教学环节,实验教学体系是培养学生科研素质的科学规划。实验

教学内容按循序渐进的原则,先基础后专业再提高,基础与专业并重,将验证性、综合性、设计性实验相结合重新整合实验教学内容,设计实验教学体系;以模块方式构建实验内容体系,以综合性实验替代验证性实验,实验内容以递进式模拟科研过程;鼓励教师将科研成果应用于实验教学中,突出体现连续性、综合性、研究性的特点。实验课程不仅要让学生了解和学会常规实验技能,更重要的是培养学生科学的思维理念、实验的设计技巧、逻辑判断验证以及科学论文写作的基本科研能力。

针对大学生的培养要求,本课题在探索和实践引进“加强基础,循序渐进,因材施教,全面提高”的先进教学模式,从实践教学的实际出发,将四年实验课统一规划,打破几个界限:普通物理力热、声、光、电实验,普通物理与近代物理实验,近代物理与专门化实验,并将他们融合和重组。从物理科学开发和物理科学人才培养的基本要

内蒙古自治区精品课程“大学物理实验”项目支持。

求出发,全面考虑本科实验教学的基本内容,提出三个模块式的实验体系,即基础实验教学、中级实验教学和科研性实验教学,从而培养学生的动手能力、综合分析能力和创新能力,全面提高学生的综合质量。并开发基于校园网的教学管理系统、实验选课系统、实验预习系统,实现实践教学信息化。

2. 课题研究与实践情况

2.1 实践教学体系、内容、方法的探索

2.1.1 实验教学体系建设

科学的教学管理机制的构建,是新的实验教学体系顺利实施的前提。构建新的创新实验教学体系是达到良好实验教学效果的保证建立统一计划、统一建设、统一管理的实验教学管理机构,建立科学的实验教学及实验室管理体制^[2]。人员岗位设置独立考核,保证有可持续的教学改革发展,稳定实验教学第一线教师队伍。

我们对实验课程的实验教学内容进行全面整合和优化,以专业基础知识和基本技能为主线,重点在于深化学生对专业基础理论的理解和加强学生专业基本技能的训练。建立了以层次教学为特点的新的课程体系,设立①演示实验:主要为提高学生的兴趣,把近现代的主要物理实验现象通过演示实验的方式展示给学生,安排 121 个实验题目,面向全校理工科和社科学生开放。②预备实验阶段:主要解决因学生来源不同而实验基本技能不齐的问题,安排六个实验题目。③基本实验(一)、(二):主要解决基本实验能力的规范培养。安排 23 个题目,需两个学期,其中基本实验(一)的 10 个题目与 6 个预备实验在同一学期完成。④综合实验:为了激发学生的学习兴趣,培养学生的创新意识,实验室准备了多种综合内容的实验题目,供学生选择,每个学生可选 30 个题目。⑤设计性实验:主要培养学生进行科学研究的思维方法和创新能力,实验室只给出实验题目、要求、仪器及必要提示,学生自己查资料、定方案、结果、写报告。这一阶段教学需八周时间。⑥创新性实验:每年精选 10% 的学生参加创新性实验开发,主要是组建新实验装置、开发新实验内容或仪器的新功能。

分层次的实验教学不但使理工科的学生受益,而且便于各个不同的院系进行选择组合,实验内容的普适性使得效率得到极大提高。

2.1.2 综合性、设计型实验开设

我们重视学生创新和综合能力的培养,经过实验条件及实验体系的建设,现开设 126 个实验项目,其中复合型实验设计型实验 72 个;比例为 57%。这种教学方法对锻炼

学生的基本实验技能,加深对课堂教学的理解起到了很好的作用。

2.1.3 具有特色的研究创新型实验开设

为强化学生实验思路和动手能力的锻炼和考验,学院利用已有学科优势和科研成果,开设了特色鲜明的综合性、研究创新性强的实验课程,搭建了学生研究性实验平台。

针对我院学科特色及地区特点,及时培养现代科学技术人才的要求,我们在材料学和生物物理学两个方向开设“自选实验”。在学生经过基本实验训练后,由学生自己选题,经过指导老师论证实验可行性后,完全由学生自己进行设计、操作,更利于培养学生独立思考、动手能力等素质的提高,同时激发了学生对实验课的主动性和积极性,更好地锻炼了学生解决实际问题的能力,培养了学生之间的合作精神,促进实验教学的改进。

将实验室开放、开设设计性实验与学生承担本科创新基金项目、科研训练项目和各种课外科技活动(如:数学建模、“挑战杯”等)相结合,与教师的科研工作相结合,使本科学子较早地接触和进入科研工作。通过此层面的培养,充分挖掘、开发和培养学生的独立思维能力、创新能力和科学研究能力。

2.1.4 实验教学方法与手段

实验教学是一门实践性课程,在整个教学过程中,强调以学生为本,强调能力培养,强调调动学生潜能。在实验内容安排上从简单到复杂,在实验仪器的应用上注意原始性和组装性,在实验指导形式上从具体到开放。

积极选用和引进国内外优秀的实验教材、使用现代化教学手段,如网络课堂、多媒体、计算机辅助教学(CAI)、录像、投影和幻灯片等,不仅可以生动地反映绚丽多彩的物理世界,而且能够较好地解决时空限制而影响实验教学的问题,提高实验教学的形象性和趣味性,调动学生的学习积极性、主动性,提高教学效果。

2.2 实践教学软件的研制

为了提高物理实验中心教学管理水平,使其向规范化、网络化、持续化管理模式转变,实现教学信息的共享与快速检索、汇总,我们研发了基于校园网的内蒙古大学物理实验中心教学管理系统网站,基本实现实验室、实验设备、实验教学管理与服务的科学化、信息化;对实验教学的教学软件上网,使学生能通过该平台进行实验预习;建设具备学生与实验教学互动功能平台。积极加强信息平台建设,丰富实验教学资源;开展仪器使用的网上预约服务,及时公布仪器使用技术信息。

物理实验教学管理平台分为中心管理、网上选课和网上学习、在线考试四大模块。该平台已在物理实验中心稳定运行多年,在课程开放教学、中心信息化管理中发挥了非常重要的作用。

物理实验中心管理工作涉及中心日常管理、教务管理、资源管理等,管理对象又有学生和教师,涉及的任务多、面广,在物理实验中心管理系统设计中表现出了复杂性。

我们在设计管理系统时,充分考虑学生为主体和物理实验教学改革发展方向,制定基本框架。按照管理对象划分模块,分为学生系统、教师系统、管理员系统三大模块。学生系统又划分为选课和学习系统,其中选课系统学生根据自己的学习计划选择实验项目时,不受时间空间限制,操作简单,使用方便,运行可靠,人机交互性强。在学生选课时应该给予一些导向性帮助,如先做基础训练实验,后做基础实验和设计性实验。考虑到符合教学管理的普遍性原则与资源有限性,同时考虑开放而不放开的原则,学生选课时也要受到一定限制,如选课每周不能超过2个实验。学习系统由中心管理员和教师共同维护、共同管理,减轻了管理员的负担,同时也体现了教师本位原则,使得教师和学生能够更好的沟通。中心管理系统要负责中心教师信息管理、科研管理、教学信息管理、资源管理、公告管理等工作。

2.3 出版新的实验教材,以满足物理实验新的教学体系的需要

在努力培养学生“科学素养”与创新能力思想的指导下,物理实验课程组十分重视教材建设,近5年先后编写物理实验讲义3部,正式出版《大学物理实验》教材1部,正在准备出版教材2部,计划组织教师根据学生的创新思维培养和学院科研基础条件情况编写“大学生创新能力培养实验指导”教材1部。

2.4 加强实验教师队伍建设,提高教学水平

一流的教师队伍是教学质量的保证,我们采取内部培养和引进相结合、教学与科研相结合的方针,使物理实验课程拥有一支素质优良,职称、学历年龄结构相对合理,教学科研相结合的师资队伍^[3]。目前,教师队伍中攻读博士学位4人,其中3人已经毕业,引进人才5人,在教学科研中起到带头作用。为了稳定物理实验教师队伍,设立实验教学教授岗,增设实验技术岗位等特殊政策,鼓励高水平教师参加实验教学,保障了实验教学队伍的稳定发展。

2.5 加强自制仪器建设,培养学生创新能力

实验中心鼓励教师自主研制实验仪器设备,积极引导学生参与设计,培养学生的积极性和创造性,使学生学习能力得到提升,深入了解仪器构造,学习工程知识,达到理论和实践的结合,提高动手能力和综合能力,教与学同时提高,效果良好。实验中心的老师研制的“示波器辅助测量实验箱”于2008年获得高等学校物理学类教学仪器评比三等奖。

3. 本课题研究的特色

为加强物理科学本科生实践能力培养建设,充分发挥内蒙古大学具有的民族特色和地区特色,依托两个内蒙古自治区重点实验室“离子束生物工程实验室”和“稀土材料实验室”,面向高年级本科生开放,成为实验教学的有力支撑。充分发挥了我校物理学的学科优势,以科研反哺教学,达到了很好的教学效果。

为加强本科生的技能训练、提高实践能力创造条件,试行三学期制,每学年第三学期专门安排本科生的实验、实习、学年论文(设计)、本科生创新基金项目等教学任务,保证了学生的科研训练时间,大大提高了学生科研实践能力。

据实验学科的特点,学生在二年级末选择指导教师,实行导师制,原则上同一导师连续指导学生完成学年论文与毕业论文,增加了学生科研训练的时间,培养学生具有较强的创新意识和创新能力。

同时加强与其他高等院校的交流,对西部高等学校尤其我区的实验教学起到一定辐射示范作用。

注重实践教学与我校特色学科的科学研究的结合,结合地区经济建设、社会发展,针对本科生加大实验课的学时。在目前国内高校本科专业普遍压缩总学时的情况下,率先提高实验课的总学时,提高了实验教学在总学时中的比例。普通物理实验和近代物理实验分别增长了40%和60%。

实验内容丰富,实验题目实际开出数高于国内许多名牌大学。近年加强了研究性系列性实验课程建设,建立了具有内蒙古大学特色的,与科研密切相关的系列研究性实验,如:材料制备和生物物理,体现当代科学研究的综合性和交叉性。

实践证明这种教学模式对培养高水平的本科生,进而为国家输送高质量的研究生,起到了很好的效果。

4. 结束语

精品课程建设作为一项关系提高高校教学质量和人才培养质量的系统工程,需要下大力气认真去做才能取得显

著成效[4]。工作还仅仅是一个开头，还有很多问题需要去进一步深入研究探索，课题组将不断总结经验，找出不足，再接再厉，确保精品课程建设高质量完成。

参考文献(References)

[1] Y. J. Gao, W. Deng, W. M. Wu, "Founding Top Quality Course, Promoting Overall Construction of Experimental Teaching Center," *Research and Exploration in Laboratory*, vol. 25, no. 11, pp. 1395- 1397, 2006.

[2] L. Jiang, X. S. Wang, P. S. Li, "Promote the Excellent Course

Construction of College Physics Experiment by Reforming its Teaching Contents System," *Physical Experiment of College*, , vol. 24, no.1, pp. 97-100, 2011.

[3] J. Q. Huo, X. P. Wang, X. Yang, "Research on the Teaching Method and Teaching Resource Construction for College Physics Experiments," *Research and Exploration in Laboratory*, vol. 27, no. 5, pp. 11-13, 2008.

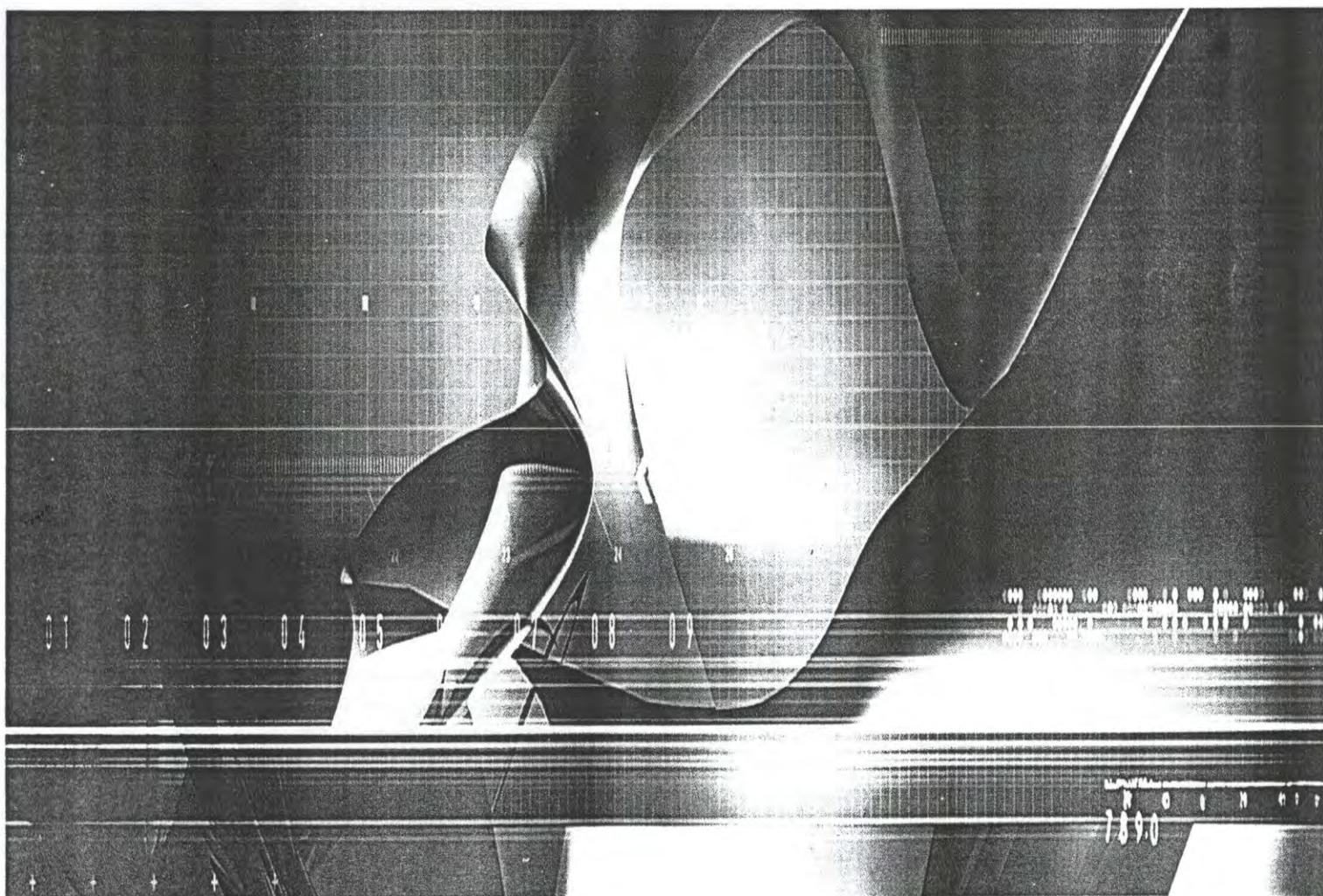
[4] Y. L. Chen, L. G. Ding, F. Xu, "Thinking and practice on fine course construction of physics experiment in universities," *Experimental Technology and Management*, vol. 25, no. 4, pp. 135-137, 2008.

Chun-Jung Chen

2013高等院校教育與教學研討會

Selected Papers from the 2013 Conference on Education
and Teaching in Colleges and Universities

Oct. 11-13, 2013 Weihai, China



Ding Mao Company
2013

The Transediting of English-Chinese News' Headline and Body	
ZHANG Wei, ZONG Yaping,WU Xiaolei	(97)
The training of mathematical thinking and innovation ability of students in the teaching of the engineering mechanics	
Yanxia Wang.....	(101)
Training spatial imagination in Engineering Drawing Education	
HAN Guang-lin,ZHANG Yan-ling, XIA Li-ping.....	(105)
Design and Practice of the Project Teaching Method In View of the Teaching of Structural Mechanics	
WU Yin.....	(108)
Construction and Optimization on Core Curriculum of Chemical Engineering and Technology	
LI Chang-yan, HU Rui-sheng.....	(112)
Research on enhancement of students' professional ability in professional English teaching	
MEI Jin-shuo, SHU Chang, HE Xun-jun, WANG Jian-min, SONG Ming-xin, YIN Jing-hua.....	(116)
Analysis of Computer Science Curricula 2013	
LIU Yi, ZHANG Hui.....	(120)
Research of Teaching Method Focusing on Enhancing Abilities of Analyzing and Solving Problems	
ZHOU Le-yu, ZHANG Chao-lei, LIU Ya-zheng.....	(125)
Curriculum construction and exploration of "foundation of digital design for construction machinery"	
WANG Hai-bo	(128)
The Application of Case-based Teaching Method in the Course of Water Pollution and Control	
He Jian, Yang Xiaoying, Zheng zheng.....	(132)
Project based Inquiry Learning in Engineering Education	
YU Ying, LU Xiao-hua.....	(137)
The study of the visualization technology in software teaching of the Project Cost major	
Zhang Jintuan, Wang Haixiang, Meng Donglin , Yang Huizan.....	(141)
✓Construction and Practice on Excellent Course of College Physics Experiment	
FAN Guo-Liang,LIU Jun-Jie, NA Ri.....	(146)
Solutions of Mathematical Expectation of Geometric Distribution	
SUN Lei, GU De-feng.....	(150)
Exploring the Graduate Record Examination Tutor for Information-majored Undergraduates	
Ren'er Yang, Zheng Ziwei, Huang Qingnian.....	(154)
Experimentation of Concept Map Theory in Teaching Fundamental Courses for Engineering Undergraduates	
LIU Gui-min, Yan Wenjun, Zhu Xiaoying.....	(158)
Teaching difficulty in robotic kinematics-understanding of different rigid body motion corresponding to Matrix left and right multiplications	
JING Xue-dong, JIANG Jian.....	(162)
Base on culture, focus on elites- opinions on the positioning of the bilingual education in China	
LI Yu-jie, ZHAO Hong-yun	(166)
Study on Education Model of Professional English Quality of Mechanical Engineering Personnel	
ZHU Ping-yu, LIANG Zhong-wei, LIU Zhen-zhang, ZHANG Chun-liang.....	(170)
Teaching Course Analysis and Practice of Error Theory and Data Processing	
LI Kai,YUAN Feng.....	(174)
The ideas of light game for research in computational thinking ability training	
Mu Lixin,Zhang Yu.....	(178)
The application of teaching and learning interactive platform of advanced language programming course	
Xiao Xiao-fei, Zhu Zhi-lin,Wang Yong-qiang,Jia Ying.....	(183)
Material Image Transfer Method in The Teaching of Industrial Design	
LU Tai-feng.....	(187)
Consideration on EQ Education in Chemistry Course	
Liu Hongying.....	(191)
Study and Practice on the Teaching Reform based on Engineering Sense	
WU ming ,YU ying.....	(194)
Discussion of Data Structure Experiment Course	
ZHAO Sen,WANG Xiaoming	(198)
Some ideas on teaching of numerical analysis for the postgraduate	

Construction and Practice on Excellent Course of College Physics Experiment

FAN Guo-Liang*, LIU Jun-Jie, NA Ri

(*Department of Physics, School of Physical Science and Technology, Inner Mongolia University, Hohhot
010021, China*)

Abstract: The paper introduces the reform of teaching course system and management mechanism in science and technology universities based on the construction process on excellent course of college physics experiment. And it also introduces the experiences about realization hierarchical and modular teaching, the improvement of methods and aids in teaching, strengthen the construction of teaching staff and promoting the construction of textbook and network, which acquire remarkable effect and play a demonstration effect for the construction of excellent course. It mainly introduces the construction idea, basic features and practical effect of excellent course of College Physics Experiment in order to learn from each other by exchanging views and improve this course.

Key words: Excellent Course; Teaching Reform; College Physics Experiment

大学物理实验精品课程建设与实践

樊国梁, 那日, 刘俊杰

(内蒙古大学物理科学与技术学院, 内蒙古 呼和浩特 010021)

摘要: 文章根据大学物理实验精品课程的建设过程, 介绍了高校理工科在通过教学课程体系和管理机制的改革, 实现教学的层次化、模块化以及教学手段和方法的改进, 加强了师资队伍建设, 推动了教材和网络建设, 取得了显著成效, 并总结了经验, 为精品课程建设起到了示范作用, 阐述了大学物理实验精品课程的建设思路、基本特色、实践效果, 起到相互交流和加强建设作用。

关键词: 精品课程; 教学改革; 大学物理实验

引言

为切实推进教育创新, 深化教学改革, 促进现代信息技术在教学中的应用, 全面提高教育教学水平, 教育部 2003 年在全国启动了高等学校精品课程建设工作。精品课程是集科学性、先进性、示范性于一身的优秀课程, 体现现代教育教学思想, 符合现代科学技术和适应社会发展进步的需要, 能够促进学生的全面素质发展, 有利于带动高等教育教学改革, 同时对实验教学的改革和实验室建设发展也是一个机遇[1]。大学物理实验是高等理工科院校各专业学生进行教学实验基本训练的一门必修基础课, 它融物理思想和实验技术于一体, 在培养学生的科学研究、新技术应用和开拓创新能力中起着启蒙和奠基作用。因此, 创建大学物理实验精品课程是各个学校的物理实验室所致力追求的共同目标, 具有良好的辐射和示范作用, 更能深层次的体现精品课程的深远含义。我校作为“211 工程”建设的高校, 也积极进行实验教学的改革和实验室建设, 为全面推进大学物理精品课程建设不断探索和实践。

一、打破分散格局，构建统一管理机制

为了适应物理实验教学全面改革的需要，在学校和学院的全力扶持下，打破了原各专业基础教学实验室分属各教研室的管理格局，组建起了“内蒙古大学物理实验教学中心”，实行校院两级管理体制和实验室主任负责制。中心将在科研与教学方面具有共用性的仪器设备集中存放，统一管理，统一使用，实行资源共享，互通有无，提高仪器设备使用效率。中心将原先的普通物理实验室、近代物理实验室和各专业教学实验室融入“实验中心”，设立大学物理实验室、近代物理实验室、学生课余实验研究室、中心网站。承担全校理工科的物理实验教学，是内蒙古大学数理国家理科基础科学研究教学人才培养基地的重要组成部分。

大学物理实验教学涉及包括通信工程、自动化、交通运输、计算机科学、材料化学、生物技术等在内的 15 个非物理类理工科专业和数理基地、应用物理和电子科学与技术 3 个物理类专业，平均每学年完成教学 20 万人时数。中心已成为具有区域特色、在国内有重要影响的物理科学培养综合型高素质创新人才的实验教学基地。

物理实验教学中心为实验室的互补与共享提供了条件，这不仅是提高实验室资源利用率的有效手段，也是相互交流的良好契机。

二、构建新型的分层次、模块化实验教学体系

精品课程建设的核心问题是教学内容、体系的建设，实验教学体系是培养学生科研素质的科学规划^[2]。“中心”对物理实验课程的实验教学内容进行全面整合和优化，以专业基础知识和基本技能为主线，将实践教学体系分为实验教学、科研训练两个模块。重点在于深化学生对专业基础理论的理解和加强学生专业基本技能的训练，建立了以层次教学为特点的新的课程体系。

对原有实验内容进行改革，统一规划，打破三个界限：力、热、声、光、电实验分割，普通物理与近代物理实验的分离，近代物理与专门化实验区别，将他们融合和重组。从物理科学开发和物理科学人才培养的基本要求出发，全面考虑物理科学本科实验教学的基本内容，提出模块式的实验体系，从培养学生的动手能力、综合分析能力和创新能力，全面提高学生的综合质量出发，建立起模块化的实验教学内容，注重内容的由易到难，逐步提高，和创新能力的培养，教学效果良好。

针对大学物理实验是全校公选课，对全校非物理类专业按专业特点分为两类：一类为电子、计算机、自动、交通等；二类为生物、化学等，实行层次教学的课程体系。①预备实验，六个实验题目，三周完成。②基本实验，六个实验题目。③选作实验，电类限选作 3 个实验题目，生化类限选作 3 个实验题目，安排一个学期，根据时代发展的要求，实验内容中安排近代物理题目，以满足专业需要。为了实行因材施教的精神，对全校非物理类专业开设物理实验公选课。

预备实验阶段，主要解决因学生来源不同而实验基本技能不齐的问题，安排六个实验题目。

基本实验，主要解决基本实验能力的规范培养。安排 10 个题目，需与 6 个预备实验在同一学期完成。

综合实验，为了激发学生的学习兴趣，培养学生的创新意识，实验室准备了多种综合内容的实验题目，供学生选择。

设计性实验，主要培养学生进行科学研究的思维方法和创新能力，实验室只给出实验题目、要求、仪器及必要提示，学生自己查资料、定方案、结果、写报告。

专业实验，这一阶段主要是针对不同专业开设的实验，大约 1-2 学分。

创新性实验，每年精选 10% 的学生参加创新性实验开发，主要是组建新实验装置、开发新实验内容或仪器的新功能。

研究性设计性实验选题均来自教师正在进行的科研或技术开发项目,大学物理实验的指导教师挑选一些科研课题组教授、副教授以及博士担任,他们的言传身教能较快地把学生带入科学研究之中,让学生在本科学习阶段就接触到真正的科研,让学生处于实验主导地位,包含文献、资料查阅,实验课题的提出,实验设备条件的准备,实验方案的设计,实验论文的写作以及论文的交流 and 答辩。使得学生通过本课程获得一整套的科学研究方法的训练。使学生在能力和素养及创新意识上得到全面培养。

分层次的实验便于各个不同的院系进行选择组合,实验内容的普适性使得效率得到极大提高。

三、改革教学方法与手段,提高教学质量

实验教学是一门实践性课程,中心在整个教学过程中,强调以学生为本,强调能力培养,强调调动学生潜能。在实验内容安排上从简单到复杂,在实验仪器的应用上注意原始性和组装性,在实验指导形式上从具体到开放。

积极选用和引进国内外优秀的实验教材、使用现代化教学手段,如网络课堂、多媒体、计算机辅助教学(CAI)、录像、投影和幻灯片等,不仅可以生动地反映绚丽多彩的物理世界,而且能够较好地解决时空限制而影响实验教学的问题,提高实验教学的形象性和趣味性,调动学生的学习积极性、主动性,提高教学效果^[3]。

实行多元实验考核方法,统筹考核实验过程与实验结果,激发学生实验兴趣,提高实验能力。

四、培养实验教师,加强实验教学队伍建设

培养高层次创新人才,需要一支高水平的实验教师队伍,中心重视人才培养,制定相关政策向实验适度倾斜,设立实验教学教授岗,增设实验技术岗位等特殊政策鼓励高水平教师参加实验教学。出台相关政策鼓励教师从事实验课程改革,并在经费和工作量上给予支持,对青年教师订好培养规划,安排科研成果突出的青年教师参加实验教学,尽力支持青年教师参加国内外的学术活动,支持实验教师进修学习和开展业务培训,鼓励现有实验室管理与技术人员深造、进修,不定期的安排实验室人员到省内外著名的同行高校实验室参观学习,了解这些院校的办学思想、实验中心运作机制、实验室设备、实验教学改革等方面情况。对于初次承担实验教学的年轻教师,组织有经验的老教师进行短期培训,做到传帮接代,保证实验教学的质量,不断提高实验教师队伍的素质。

现在除实验中心专职教师队伍外,有一批包括特聘教授、博士生导师等专业水平较高的教师参与实验指导工作。

五、加强教材与网络环境建设

精品课程建设需要好的教材,同时一本教材也是一门课程的建设优良程度的体现^[4]。2009年,实验中心在不断探索和改革的基础上,总结经验,吸取国内外优秀教材的基础上,组织出版了《大学物理实验》。该教材具有信息量大,涵盖面广,体现层次教学的特点,给学生有较大的自主空间。

同时,为了满足新形势下的实验教学,建立了物理实验教学中心网站,基本实现实验室、实验设备、实验教学管理与服务的科学化、信息化;对实验教学的软件上网,使学生能通过信息平台进行实验预习;建设具备学生与实验教学互动功能平台。积极加强信息平台建设,丰富实验教学资源;开展仪器使用的网上预约服务,及时公布仪器使用技术信息。

在物理实验教学体系改革开放过程中,物理实验中心自主开发了一套基于 Internet 的网络教学管理系统。物理实验教学管理平台分为中心管理、网上选课和网上学习系统三大模块。该平台已在物理实验中心稳定运行多年,在课程开放教学、中心信息化管理中发挥了非常重要的作用。

实验中心信息化教学管理平台, 实现了实验室的信息化管理, 为推动教学改革、完善学分制建设、培养创新性人才提供了一个范例。可扩展、自主、开放的实验选课、管理平台促进了实验教学管理的规范化、高效化、信息化, 为实验的开放式教学起到了积极作用。

六、结束语

精品课程建设作为一项关系提高高校教学质量和人才培养质量的系统工程, 需要下大力气认真去做才能取得显著成效。工作还仅仅是一个开头, 还有很多问题需要去进一步深入研究探索, 课题组将不断总结经验, 找出不足, 再接再厉, 确保精品课程建设高质量完成。

致谢

内蒙古大学精品课程项目(10012-14004)、内蒙古自治区精品课程“大学物理实验”资助。

References

- [1] GAO Ying-jun, DENG Wen, WU Wei-ming. Founding Top Quality Course, Promoting Overall Construction of Experimental Teaching Center[J]. Research And Exploration In Laboratory, 2006,25(11): 1395- 1397.
- [2] JIANG Lin, WANG Xue-shui, LI Pei-sen. Promote the Excellent Course Construction of College Physics Experiment by Reforming its Teaching Contents System[J]. Ph Ysical Experiment Of College, 2011, 24 (1): 97-100.
- [3] HUO Jian-qing, WANG Xiao-pu, YANG Xu. Research on the Teaching Method and Teaching Resource Construction for College Physics Experiments[J]. Research And Exploration In Laboratory, 2008,27(5):11-13.
- [4] CHEN Yu-lin, DING Liu- guan, XU Fei. Thinking and practice on fine course construction of physics experiment in universities[J]. Experimental Technology and Management, 2008,25(4):135-137.