

Discussion on Establishing the Knowledge Framework of *College Physics* in Applied Universities—Taking the Conservative and Powerful Teaching Method as an Example

Wei Wang Di Yang Heng Wang Jingchao Sun Hongchao Luo

Shenyang Aerospace University, Shenyang, Liaoning, 110135, China

Abstract

In the process of carrying out the reform of applied talents training mode, colleges and universities are faced with the contradiction between limited class hours and high requirements of theoretical knowledge. Starting from the requirements of applied colleges and universities for talents training, this paper expounds the necessity of guiding students to establish a knowledge framework in the teaching process of *College Physics*, and takes the teaching method of conservative force as an example, the method of establishing the knowledge frame of *College Physics* is given. This teaching method can not only make physics learning simple and efficient in limited class hours, but also improve students' professional quality and logical thinking ability in the process of combing the knowledge system.

Keywords

conservative force work; Stokes formula; application-oriented transformation; knowledge framework

应用型大学中建立《大学物理》知识框架的探讨——以保守力做功的讲法为例

王微 杨迪 王珩 孙景超 罗宏超

沈阳航空航天大学, 中国·辽宁 沈阳 110135

摘要

高校开展应用型人才培养模式改革的过程中面临着有限学时和理论知识高要求的矛盾。论文从应用型高校对人才培养的要求出发,阐述了在《大学物理》教学过程中引导学生建立知识框架的必要性,又以保守力做功的讲法为例,给出了建立《大学物理》知识框架的方法。这样的教学方式既能在有限学时内让物理学习变得简单高效,又能在梳理知识体系的过程中提高学生的专业素养和逻辑思维能力。

关键词

保守力做功; 斯托克斯公式; 应用型转型; 知识框架

1 引言

应用型本科院校的建设是目前高等教育改革的主旋律。2002年中华人民共和国教育部明确提出了新建本科院校人才培养目标定位为应用型本科人才^[1]。2014年3月开始中国教育部推行全国普通本科高等院校逐步向应用技术型大学转变。

【基金项目】2021年沈阳航空航天大学教学改革课题“应用型教育转型下大学物理教学内容改革与实践”(项目编号: JG2020044)。

【作者简介】王微(1979-),女,中国辽宁铁岭人,硕士,副教授,主要从事《大学物理》教学改革研究。

2 应用型转型面临的问题

联合国教科文组织公布的《国际教育标准分类法》将高等教育分为三种类型,分别培养学术研究型人才、应用型专门人才和实用型职业技术人才^[2]。2015年10月,中国教育部、国家发展改革委、财政部联合发文《关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见》中指出,应用型本科培养的是各行各业中应用科学理论从事高技术专业工作的应用型专门人才^[3]。这里要特别指出的是,应用型本科人才的“应用性”不只是继承性应用,而且是创造性应用;不只是对现有知识、技术、方法的应用,而且是通过不断地学习新知识、新技术、新方法,创造性地分析新情况,解决新问题^[2]。这对理论专业知识的学习提出了更高的要求,不仅要选学专业理论知识,还要能够进行应用和创新。这就更强调学生的

能力培养,要求学生在具备实践能力的同时具备基本的理论素养和专业理论知识。应用型人才培养的更高要求对教学第一线的教师提出了实际而又严峻的挑战。

大学物理课程学时总数有限,为了达到对人才培养的高要求,知识内容的完整性和系统性也就不易满足。这就导致教学中要么走向流于表面知识的讲解,忽略物理内涵,要么寻求更快速高效的授课方式。

在这种形势下,教师在教学中引导学生合理建立知识框架就成为提高课堂效率、培养学生能力的有效途径之一。

3 建立《大学物理》课程知识框架的必要性

如果把物理学科的每个知识点看成树叶,那么每一章节就是一个树干,整个物理体系就是整棵大树。教师在教学中引导学生理解和掌握知识点的相互联系,就相当于把握住树的主干和分支。大学物理教学的一个关键就是引导学生在掌握具体物理知识的基础上把握物理学科的知识体系^[4]。

3.1 《大学物理》学科知识体系较为庞大,逻辑性较强

物理学科包含大量抽象难懂的概念以及逻辑思维缜密的公式定理,知识点间相互关联性较大。往往单一的问题会涉及大量相关的知识概念以及公式定理,并且大多数定理定律之间存在很强的逻辑关系。

3.2 传统的讲授方式过于单一,物理体系不易建成

在教学过程中,多数教师采用概念提出、理论推导、讲解、实际论证以及课后总结的方式授课,学生被动接受,疏于思考,不容易融合转化成自己的知识。

3.3 知识点分散,不利于学生的归纳总结

物理学习从初中到大学一直重复力、热、电、光几个方面,但每个阶段都由特殊到一般过渡,高中比初中更广泛,大学又比高中拓展一个层次。这样的思维递进方式容易使知识点分裂开来,不易使学生把握这些知识点间的逻辑关系。

3.4 “碎片化”的知识摄入模式阻碍了学生梳理知识脉络的能力

人类文明飞速发展,科学技术日益进步,以前深奥难懂的物理名词走进孩子的科普读物,诸多科学技术变成人们触手可及的用品。人们认识世界、获取知识的方式手段发生了质的变化,不懂的物理概念随手就能百度出来,这样“碎片化”的知识摄入模式虽然提高了国民素质,但是对于物理知识的系统性学习却造成了障碍。

基于以上几方面原因,教师如果能够在教学中引导学生寻找知识点间的逻辑关系,建构清晰的物理知识框架,一定能够对学生进行系统的大学物理学习起到事半功倍的作用。

4 保守力做功的讲法

下面我们以保守力做功的讲法为例来探讨如何建构学生的《大学物理》知识框架。

在质点力学中,我们一般是通过“万有引力做功和路径无关”的结论引出保守力的概念,从而得到势能。这种传统的讲法通俗易懂,但是割裂了和场的关系,到讲解静电场和稳恒磁场的时候我们还需要在课堂上重复一遍静电场力做功得出静电场力是保守力的过程。如果换成用高数课程中的斯托克斯公式来讲解,就可以完美解决这个问题,自然地过渡到静电场力是保守力这个问题,从而引出场的旋度的概念。这是在大学物理教学过程中渗透物理学思想的过程^[4]。

4.1 保守力做功的讲法

数学是物理的语言,使用数学手段来解决具体物理问题,既可以使物理的概念和规律得到明确简洁的阐述方式,又可以使抽象难懂的数学理论形象化。如上所述保守力做功的问题,物理思想明确,接下来要做的即是把具体的物理过程转化为数学问题。

在直角坐标系中力表示为 $\vec{F} = iP(x, y, z) + jQ(x, y, z) + kR(x, y, z)$, 该力沿着闭合路径做功为 $A = \oint_L \vec{F} \cdot d\vec{r}$, 其中 $d\vec{r} = i dx + j dy + k dz$ 。把力和位移表达式代入整理则得到保守力的定义式为:

$$\begin{aligned} A &= \oint_L \vec{F} \cdot d\vec{r} \\ &= \oint_L [iP + jQ + kR] \cdot [i dx + j dy + k dz] \\ &= \oint_L P dx + Q dy + R dz \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)是对坐标的曲线积分,一般工程实际问题都能满足 $P(x, y, z), Q(x, y, z), R(x, y, z)$ 具有连续偏导,借助高等数学所讲授的斯托克斯公式(二维即为格林公式),可将式(1)转化为二重积分,如式(2)所示:

$$\oint_L P dx + Q dy + R dz = \iint_S (\nabla \times \vec{F}) \cdot d\vec{s} \quad (2)$$

其中是矢量微分算子,具体为 $\nabla = i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y} + k \frac{\partial}{\partial z}$, 矢量叉积 $\nabla \times \vec{F}$ 为:

$$\nabla \times \vec{F} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix} = i \left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) + j \left(\frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial x} \right) + k \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) \quad (3)$$

保守力沿闭合回路做功为零,即式(2)的环路积分为零,代入式(3),即是熟知的斯托克斯公式,也是三维空间保守力的判定条件,即:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial R}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial z} \right) = 0 \\ \left(\frac{\partial P}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial x} \right) = 0 \\ \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$\nabla \times \vec{F} = 0$, 则 $\vec{F}$ 为保守力。 $\nabla \times \vec{F}$ 为力场的旋度。由此可见,当我们站在更高的层面上(场论),力的做功和流场的旋度获得了统一,这样讲授能使教师带领学生冲破传统思维的习惯束缚,展现给学生一个用数学语言构建的物理世界。

4.2 保守力做功建立的知识框架

这部分内容虽然只是一个知识点,但承前启后,利用斯托克斯公式联系起来后就形成了一个树状的知识框架,积少

成多,整个大学物理体系扩展开来就能形成一套非常可观的知识体系(见图1)。

4.3 该讲法的好处

①利用斯托克斯公式讲解保守力做功问题不但可以有效衔接高数理论,还可以对后续整个电磁场理论起到抛砖引玉的作用。利用斯托克斯公式引出旋度的概念 $\nabla \times \vec{F}$,旋度为零的场是保守力场,即保守力场是无旋场。这样在后面讲解“静电场是无旋场”“稳恒磁场是有旋场”的问题时,就有了非常简洁的引入方式,学生理解起来不会有任何障碍,静电场和稳恒磁场的难点就迎刃而解了。

②大学物理课程的学时不足以对麦克斯韦方程组给出详细的推导过程。而保守力场这样的讲法却会给学生一个图像。空间每一点都有力、电场强度、磁感应强度等不同的矢量来描述场的性质,这些矢量是空间位置的函数。这些矢量被 ∇ 算符作用后就是简洁、对称、美观的麦克斯韦方程组了。

③利用斯托克斯公式来讲解保守力做功的方法可以赋予枯燥晦涩的数学符号实际意义,使抽象的公式具体化。通过这样的讲授,真正做到把数学和物理学这两门学科紧密联系在一起,数学作为物理学理论的表述形式,物理学又是对数学理论进行检验,促进数学的完善和提高,学生既夯实了理论基础,又学以致用,自然能够开阔学术视野,融会贯通,对学习能力和创新思维的培养大有裨益。

④在这部分讲解中介绍过保守力,也要介绍非保守力。实际上,自然界所有的基本力都是保守力,此时学生自然就会产生疑问,“摩擦力做功与路径有关?”此时教师就可以

引导学生理解在保守力作用下,虽然宏观上的动能损失掉了,但是内部原子以更大的动能运动着,顺势就引出了能量守恒的知识点。

5 如何建立《大学物理》的知识框架

5.1 寻找知识点间的逻辑关系

大学物理的知识点前后联系紧密,只要找到知识点间的逻辑关系,就能形成清晰的知识脉络。教师在教学过程中,引导学生归纳整理知识脉络,就可以让学生把知识点融会贯通。例如,在讲解静电场时,我们知道场是一种特殊的物质,可以用电场强度和电势这两个物理量来描述电场。从这两个方面出发就可以用一个图像把静电场的所有知识点串联起来,如图2所示。

5.2 利用类比的方法梳理章节间关系

物理是一门具有一种神奇对称美感的学科,这种对称性表现在很多方面,如角量和线量、动量和角能量、静电场和涡旋电场、质点力学和刚体力学等知识点间都存在这样的对应对象关系。我们可以利用这种对称性用类比的方法来梳理不同章节间的关系形成知识框架。例如,在讲解静电场和稳恒磁场这两章时就可以把相对应的定理定律用图3清晰地体现出来。

5.3 利用思维导图和图表建立完整知识体系

思维导图是利用图形和放射状线条,把主要知识点和次要知识点串联起来的一种方式,表格可以把复杂零碎的知识点归纳整理。用简洁明了的框图或者表格展现知识点及知识

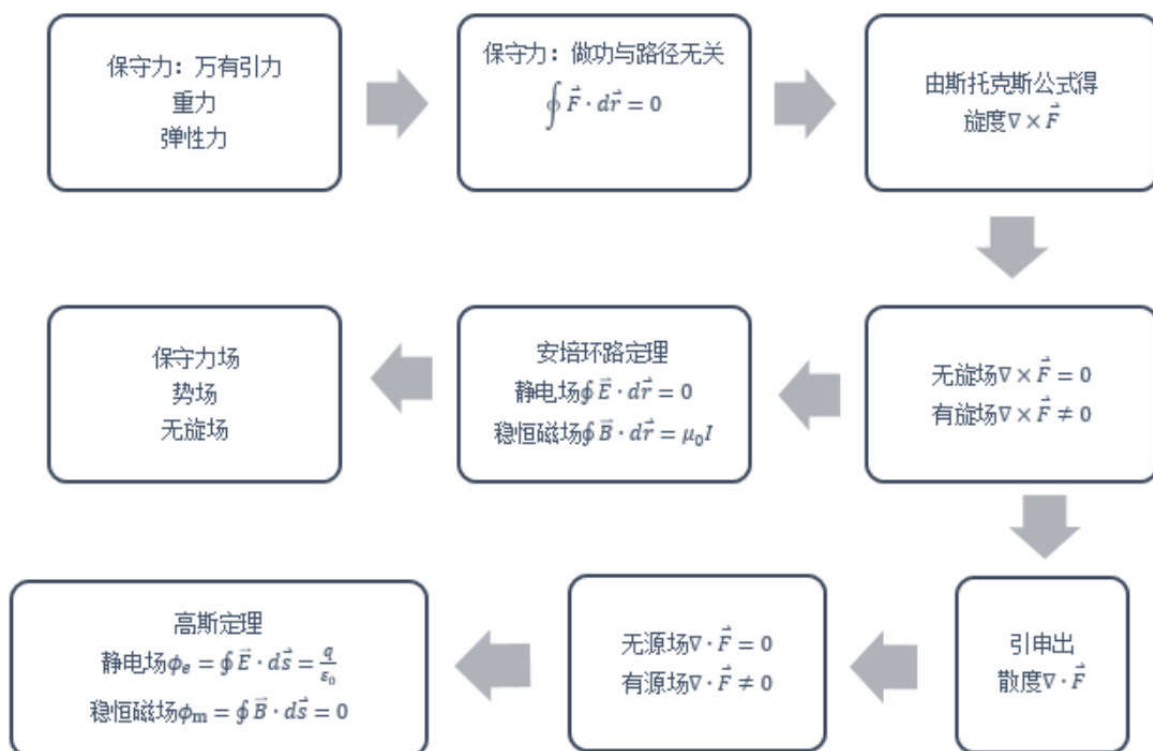


图1 保守力做功所建立的知识框架

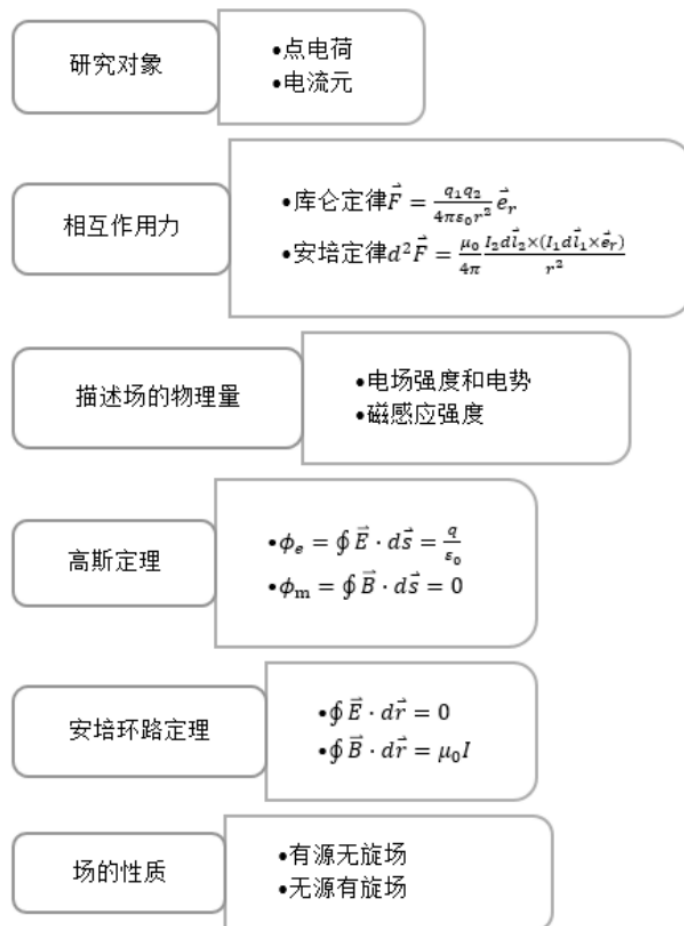
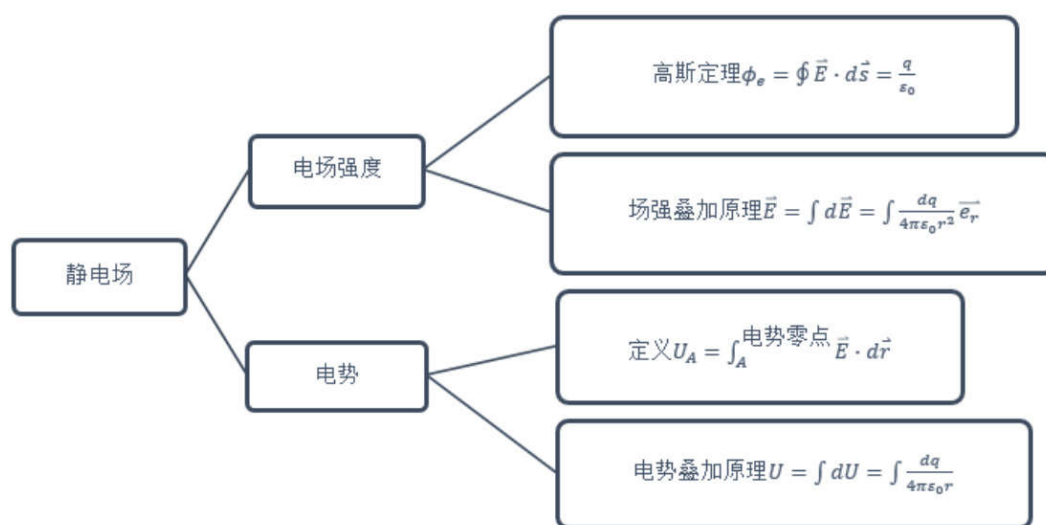


图3 静电场和稳恒磁场的知识体系类比

点间关系有利于学生完整知识体系的建立。在讲解热力学第一定律时，原始公式只有 $Q = W + \Delta E$ ，但涉及了等容、等压、等温、绝热以及其他的热力学过程，就会演变出很多种不同的能量变化方式，如果利用表1就可以一目了然地了解各量关系。

6 结语

应用型人才培养目标的建立对高校人才培养提出了更高要求。论文提出的在有限学时内引导学生构建《大学物理》知识框架的思想旨在为培养创新型人才添砖加瓦。教师在教学过程中引导学生把握物理的知识体系并整理出属于自己知

表1 热力学基本过程对比

	等容过程	等压过程	等温过程	绝热过程
热量 Q	$Q=\Delta E$ (可给出定容摩尔热容)	$Q=W+\Delta E$ (可给出定压摩尔热容)	$Q=W$	无热量交换 $Q=0$
做功 W	体积不变 $W=0$	$W=P\Delta V$	$W=\int PdV$	$W=\int PdV$
内能增量 ΔE	$\Delta E = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT$	$\Delta E = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT$	温度不变 $\Delta E=0$	$\Delta E = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT$

识框架,培养出强大的逻辑思维能力,从而提高学生的专业素养和逻辑思维能力。

参考文献

- [1] 查小红,肖俊南.应用型本科院校人才培养体系改革探索[J].执教论坛,2006(20):30-31.
- [2] 徐理勤,顾建民.应用型本科人才培养模式及其运行条件探索[J].高教探索,2007(2):57-60.

- [3] 教育部,国家发展改革委,财政部.关于引导部分地方普通本科高校向应用型转型的指导意见[EB/OL].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A03/moe_1892/moe_630/201511/t20151113_218942.html,2015-10-25.
- [4] 朱铨雄,王向晖.物理学科教学知识“大问题”的提出及其在教学上的意义[J].物理与工程,2020(5):56-63.

(上接第53页)

64.93%的受访者希望学校建立不同类型工作量(教学、科研、管理和社会服务等)的转化机制,实现工作量之间的互通互用。高职教育作为高等教育的一种类型,教师不能“只教不研”,应该同样有进行科学研究的责任与义务。只有认真开展科学研究,才能了解及掌握本领域的动态,深刻理解本领域的专业知识和技能,才有能力教给学生最前沿的知识及技能。

5.3 精准把脉,全面提升教教职工科研素养

高职院校科研整体水平是短板,需要针对问题启动科研强基工程。针对调查中发现的研究方法不熟悉、研究设计不合理、归纳和提炼不到位、学术成果表达不规范等问题,有56.4%的教职工建议“加大科研培训力度,提高教教职工科研素质和能力”,但实际上有27%的受调查者根本没有参加过学术培训。特别要针对教教职工的研究方法和统计学知识欠缺的问题,通过组织统计理论和实践应用方面的专家召开讲座、学术交流会等,全面提升教教职工基本科研素养。

科研管理部门应梳理已有学术成果,整合学校、企业和行业的研究优势,统筹构建高水平科研平台,吸引校内外优秀的学者、科学家通过平台交流与合作,促进科研成果的转移转化,加速成果产业化进程,有效履行高职院校的社会责任。另一方面,主动优选科研骨干,进行重点辅导和培养。可依托科研骨干组建研究团队,进行小规模群体精准提升训练,在实际各层级、各类别的课题申报中进行锻炼,不断提升其科研能力和水平。

6 结语

作为高等教育的一种类型,高职院校无法回避科学研究,它影响着高职院校的声誉及实力,代表着一所高职院校可持续性发展的潜力及能力,高职院校教教职工,尤其是专任教师,是科学研究的主力军,他们的科研能力及水平直接影响并代表着学校整体科研水平。因此,全面深入了解并研究学校教师科研工作现状,是探索如何加强学校科研实力的前提条件。而根据教教职工科研工作现状,精准定位存在的问题,全方位施策是高职院校提升科研水平、完善科研管理的重要使命。

参考文献

- [1] 郝天聪,石伟平.知识论视角下的高职业院校科研定位探析[J].江苏高教,2021(6):25-30.
- [2] 马俊哲.高职院校科研工作的定位及实现途径[J].北京教育(高教版),2007(11):58-59.
- [3] 赵淑琪.高职院校教师科研能力现状调研及提升策略[J].教育与职业,2019(21):85-88.
- [4] 邱丽春,梅洁.广西高职院校教师教育科研现状调研报告[J].中国职业技术教育,2011(19):59-63.
- [5] 刘燕.高职院校教师科研认同现状的调查研究[J].职教通讯,2020(8):42-47.
- [6] 刘燕.高职院校教师科研现状及影响因素的调查分析[J].中国职业技术教育,2019(15):54-59.
- [7] 崔昌玺.试论我国高职科研工作中存在的问题及其对策[J].职教论坛,2010(32):12-13+16.
- [8] 孔金.高职院校科研范式建构研究[J].教育与职业,2012(11):171-173.