

(中国农业版)

大学物理

导教·导学·导考

DAOJIAO DAOXUE DAOKAO

时新玲 刘云鹏 主编



- 内容提要
- 知识结构图
- 教学要求、重点、难点及考点
- 典型题解析
- 课后习题选解
- 学习效果测试及答案



农林

HONG LIN SAN DAO
三导丛书

西北工业大学出版社



大学物理

(中国农业版)

导教·导学·导考

主编	时新玲	刘云鹏	
编者	杨云经	党亚爱	吴艳萍
	杜光源	申卫博	王霖
	刘云鹏	时新玲	

西北工业大学出版社

【内容简介】 全书共分12章,每章均设了6个板块,即按照内容提要,知识结构图,教学要求、重点、难点及考点,典型题解析,课后习题选解,学习效果测试及答案等6个部分来编写,旨在帮助读者掌握课程重点、难点,学会分析方法,提高解题能力,为考研的读者提供帮助,同时可为教师教学提供参考。

本书可作为高等农林院校各专业本、专科生的课程辅导及应试参考书,也可作为报考硕士研究生的考生进行强化训练的指导书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理导教·导学·导考/时新玲,刘云鹏主编. —西安:西北工业大学出版社,2006.8
(农林三导)

ISBN 7-5612-2111-8

I. 大… II. ①时… ②刘… III. 物理学—高等学校—教学参考资料 IV. O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第085390号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印刷者:陕西友盛印务有限责任公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:13

字 数:346千字

版 次:2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

定 价:18.00元

出版说明

2006年2月15日,胡锦涛同志在新农村专题研讨班上的重要讲话中指出,建设社会主义新农村,是我们党在深刻分析当前国际国内形势、全面把握我国经济社会发展阶段性特征的基础上,从党和国家事业发展的全局出发确定的一项重大历史任务。同时,他也指出,重视农业、农村、农民问题是我们党的一贯战略思想。“三农”问题始终是关系党和人民事业发展的全局性和根本性问题,农业丰则基础强,农民富则国家盛,农村稳则社会安。在新世纪新阶段,我们必须始终不渝地高度重视并认真解决好“三农”问题,不断开创“三农”工作的新局面。

中国是个农业大国,农民多,市场广阔,特别是经过20多年的发展,许多人致了富。美国著名财经杂志《福布斯》评出的“2005年福布斯中国富豪榜”显示,中国排名前10名的富豪中,排名第五、第六的是刘永行、刘永好兄弟,谁都知道,他们是从事农业的。而曾任《福布斯》杂志中国地区调研员的胡润更是语出惊人:中国最热的行业是农业,赚钱最多的民营企业也是农业。我国农业科技和农业发展与世界相比,还存在较大的差距,并面临着严峻挑战,这无疑需要大量的农业人才。目前,我国农业改革已进入关键时期,教学、科研、管理等方面农业人才的需求呈现出强劲势头。

从报考研究生的人数和录取比例来看,农林院校不再是冷门,甚至一些专业颇受考生的青睐。2003年以来,农林院校的研究生报考人数持续增长,有的院校报考人数增长率甚至超过当年全国研究生报名人数平均增长率。一般情况下,农林院校研究生的录取比率在3:1左右,部分专业竟达到了8:1甚至10:1,如生物学、食品安全、农药检测、公共卫生等专业。这些专业正是伴随着近年来的社会热点事件如SARS疫情、禽流感的出现及人们公共卫生意识的增强而日益火爆起来的。

随着经济建设的快速发展、“十一五”规划战略的实施和科教兴国战略、人才强国战略的进一步实施,社会对高素质专业人才的需求更加迫切。为了配合全国各农林院校加强高素质、知识型人才的培养,西北工业大学出版社精心策划和组织编写了“农林三导”丛书,首批推出9种公共基础课辅导用书。

本套丛书具有以下4大特点。

1. 选题新颖,独树一帜

根据市场需求,2001年西北工业大学出版社在全国首家有针对性、有计划性地推出整套农林院校课程的辅导学习用书——“农林提高与应试”丛书,填补了市场空白,一改广大农林院校学生找不到相关辅导书的尴尬局面,引起全国农林院校师生的良好社会反响,体现了很好的

社会效益与经济效益。而今,根据广大师生的需求,再次重拳出击,推出“农林三导”丛书,涵盖导教、导学、导考三个层面,更好地体现“贴近读者,贴近需求,贴近实际”。

2. 紧扣大纲,严把尺度

丛书紧紧围绕国家教育部制定的教学大纲和研究生入学考试大纲,以全国通用的主流教材为蓝本,按照“内容提要—知识结构图—教学要求、重点、难点及考点—典型题解析—课后习题选解—学习效果测试及答案”的主线,把握课程内容的主旨和要害,使读者按照由浅入深、循序渐进,从感性认知、实际应用 to 理性认知的科学认知规律最快捷、最有效地掌握本门课程。

3. 重视能力,提高技巧

丛书严格遵从不管是课程学习还是过关考试,其最终目的都是为了提高学生分析问题、解决问题、举一反三的能力这一主旨,重在通过简明扼要的基础要点、独具特色的知识结构图以及绝对经典的典型题解析来引导学生掌握学习理论知识和解决实际问题的方法与技巧,以提高个人的综合素质和综合能力,为今后个人的良好发展奠定坚实的基础。

4. 一流作者,更胜一筹

参加丛书编写的作者,均是全国重点农林院校从事相关课程教学的资深骨干教师。他们教学经验丰富,对于课程相当熟识,深谙教学、学习和考试的规律及关键所在,因此,在丛书内容的取舍、材料的选编以及文字表述等方面能更胜一筹,使丛书详略得当,重点突出,内容精益求精,分析一针见血,讲解简明扼要,注释切中要害。

本套丛书的出版得到了广大师生读者的支持和关心,西北农林科技大学、中国农业大学、东北农业大学、华中农业大学、华南农业大学、南京农业大学、西南大学等单位的有关人士也为本丛书的出版出谋划策,提出了许多建设性的意见和建议。84岁高龄的中国工程院院士、西北农林科技大学李振岐^①教授,献身教育事业50余年,德高望重,学识渊博,他自2001年在百忙之中出任“农林提高与应试”丛书的编委会主任以来,一直十分关注农林方面的教材、教辅出版工作。为此,我们一并表示衷心的感谢。

我们坚信,这套丛书将为广大农林院校的师生提供有力的帮助,也必将成为在知识海洋中遨游的学子们不断搏击、获取胜利的力量源泉。

丛书编委会

2006年6月

^① 李振岐,男,1922年生,中国工程院院士,植物病理学家和小麦锈病专家,我国小麦锈病研究和植物免疫学教学的主要奠基人之一,主编了我国第一部《植物免疫学》全国统编教材。现为西北农林科技大学植物保护学院教授、博士生导师,西北农林科技大学学术委员会常委,陕西省委省政府特邀咨询委员。

前 言

大学物理是农林院校一门重要的基础课,是许多专业的学生学好后继课程的必需条件,而且也是农林院校有关专业硕士研究生入学考试的必考内容。

为了加强学生对所学内容的深入理解,帮助他们了解解题规律,掌握解题的方法与技巧,提高应试解题能力,强化技能训练,我们根据农林院校的教学特点,编写了“农林三导”丛书之一的《大学物理导教·导学·导考》一书。

本书涵盖了教学大纲和研究生考试大纲涉及的全部内容,并突出了重点和难点内容。本书内容共分12章,每章均设计了6个板块。

(1)内容提要。简要介绍本章内容,列出基本概念、重要定理和公式,突出考点的核心知识。

(2)知识结构图。用框图形式列出本章的主要内容,并指出了各知识点的有机联系。

(3)教学要求、重点、难点及考点。包括教学基本要求,重点、难点指南,考点指南3块,言简意赅。其目的是使读者明确本章的重点、难点和考点以及应掌握的程度,并将其内容加以细化和归纳,使学生能够正确把握教学、学习和考试的要求。

(4)典型题解析。从历年本科生期末试题和历年研究生入学考试题以及各教材综合题中精选出典型题目,通过对典型题的解题分析,归纳出大学物理中一些问题的解决方法和技巧,使读者可以举一反三、触类旁通。这也是本章的主要部分。

(5)课后习题选解。由于篇幅所限,对中国农业出版社“全国高等农林院校十五规划教材”《大学物理》(王国栋、鲍钢飞主编)的部分课后习题作了详细解答,希望读者在学习过程中先独立思考,自己动手解题,然后再对照检查,不要依赖解答。

(6)学习效果测试及答案。根据大学物理课程考试和考研内容,精选了适当的自测题,并附有答案和部分提示。读者可以通过这些测试题进一步掌握解题要领,巩固和加深对基本概念的理解,增强解决问题的能力,并检验自己对所学知识掌握的程度。

本书从指导课程教学、学习和考试、考研的角度,通过对大量涉及内容广、类型多、技巧性强的习题的解答,揭示了大学物理的解题方法、解题规律和解题技巧,对于提高读者分析问题的能力,理解基本概念和理论,开拓解题思路,全面增强综合素质,会收到良好的效果。

本书可作为高等农林院校各专业本、专科生的课程辅导及应试参考书,也可作为报考硕士研究生考生进行强化训练的指导书,同时可为教师教学提供参考。

本书由时新玲、刘云鹏、杨云经、党亚爱、吴艳萍、杜光源、申卫博和王霖合作编写而成。全

书由时新玲、刘云鹏负责统稿和定稿。西北农林科技大学理学院物理教研室王国栋教授、张社奇教授在审稿中提出了宝贵意见。在此,对王国栋教授、张社奇教授及物理教研室的全体老师致以诚挚的谢意,对本书选用的参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,不当之处在所难免,诚请广大读者批评指正。

编者

2006年5月

目 录

第 1 章 物质的基本性质	1
1.1 内容提要	1
1.2 知识结构图	4
1.3 教学要求、重点、难点及考点	5
1.4 典型题解析	5
1.5 学习效果测试及答案	8
第 2 章 液体力学基础	9
2.1 内容提要	9
2.2 知识结构图	12
2.3 教学要求、重点、难点及考点	13
2.4 典型题解析	13
2.5 课后习题选解	19
2.6 学习效果测试及答案	25
第 3 章 液体的表面性质	28
3.1 内容提要	28
3.2 知识结构图	31
3.3 教学要求、重点、难点及考点	31
3.4 典型题解析	32
3.5 课后习题选解	40
3.6 学习效果测试及答案	44
第 4 章 电磁场	46
4.1 内容提要	46
4.2 知识结构图	51
4.3 教学要求、重点、难点及考点	52
4.4 典型题解析	52
4.5 课后习题选解	67
4.6 学习效果测试及答案	72

第 5 章 生物电磁学基础	74
5.1 内容提要	74
5.2 知识结构图	76
5.3 教学要求、重点、难点及考点	77
5.4 典型题解析	77
5.5 课后习题选解	81
5.6 学习效果测试及答案	81
第 6 章 热力学	83
6.1 内容提要	83
6.2 知识结构图	88
6.3 教学要求、重点、难点及考点	88
6.4 典型题解析	89
6.5 课后习题选解	97
6.6 学习效果测试及答案	102
第 7 章 多粒子体系动理论	105
7.1 内容提要	105
7.2 知识结构图	107
7.3 教学要求、重点、难点及考点	108
7.4 典型题解析	108
7.5 课后习题选解	115
7.6 学习效果测试及答案	120
第 8 章 振动与波动	122
8.1 内容提要	122
8.2 知识结构图	126
8.3 教学要求、重点、难点及考点	126
8.4 典型题解析	127
8.5 课后习题选解	136
8.6 学习效果测试及答案	141
第 9 章 波动光学	143
9.1 内容提要	143
9.2 知识结构图	147
9.3 教学要求、重点、难点及考点	148

9.4 典型题解析	148
9.5 课后习题选解	157
9.6 学习效果测试及答案	162
第 10 章 光与物质的相互作用	165
10.1 内容提要	165
10.2 知识结构图	169
10.3 教学要求、重点、难点及考点	169
10.4 典型题解析	170
10.5 课后习题选解	172
10.6 学习效果测试及答案	174
第 11 章 量子物理基础	176
11.1 内容提要	176
11.2 知识结构图	178
11.3 教学要求、重点、难点及考点	178
11.4 典型题解析	179
11.5 课后习题选解	186
11.6 学习效果测试及答案	188
第 12 章 原子核及基本粒子简介	190
12.1 内容提要	190
12.2 知识结构图	192
12.3 教学要求、重点、难点及考点	192
12.4 典型题解析	192
12.5 课后习题选解	195
12.6 学习效果测试及答案	196
参考文献	198

第1章 物质的基本性质

1.1 内容提要

在自然科学中,宇宙万物被分成两类:物质和能量。物质是万物的存在形式,能量是物质间相互作用与转化的量度。

本章介绍物质的结构与形态、实物和场的基本性质以及实物之间、实物和场之间相互作用的一般形式,并给出物质的质能关系以及场与势能的相互关系。本章的目的是对物质世界有一个整体的、全貌的认识。

1.1.1 物质的结构与形态

1. 物质世界的结构层次

(1) 数量级的概念:数量级是一种科学的记数方法,它用10的正幂次代表大数,用10的负幂次代表小数。例如1 mol物质中包含六千万亿亿多个分子(阿伏伽德罗数),就可表示为 6×10^{23} ,它的倒数约为一亿亿亿分之1.7,可表示为 1.7×10^{-24} 。这一方法规定:指数相差1,即代表数目大10倍或小10倍,称为一个“数量级”。

(2) 物质世界的空间尺度:物质的空间尺度按其大小可分为大尺度、中尺度和小尺度。物质的空间尺度大于地球尺度的客体称为宇观系统;物质的空间尺度在原子尺度以下的客体称为微观系统;物质的空间尺度在人体尺度上下几个数量级范围内的客体称为宏观系统。就目前的研究而言,从小到 $10^{-18} \sim 10^{-17}$ m的微观粒子大到 10^{26} m的宇宙半径大约跨越了42~43个数量级。具体划分如下:

1) 微观系统:空间尺度范围在 $10^{-15} \sim 10^{-7}$ m(原子尺度)之内的客体。
 2) 宏观系统:空间尺度范围在 $10^{-6} \sim 10^7$ m(人体尺度上下几个数量级)之内的客体。
 3) 介观系统:由十几个到数百个原子组成的团簇及同数量级的物体。从空间范围上来看,介观系统更接近宏观系统。

4) 渺观系统:比微观系统更小的物体,空间尺度范围在大约小于 10^{-15} m(小于原子尺度)的客体。

5) 宇观系统:比宏观系统更大的物体,空间尺度范围在 $10^7 \sim 10^{26}$ m(大于地球尺度)之内的客体。

生命现象是宇宙中最为复杂的物质运动形式之一,人体是复杂的生命现象之一。人体内包含了大约 10^{16} 个细胞,而每个细胞又包含了大约 $10^{12} \sim 10^{14}$ 个原子。人类对自然界的探索就是由人体大小的实物向非常大和非常小的两个方向去考察。

2. 物质世界的时间尺度

物质世界的时间尺度又称时标。

按照现代的标准宇宙模型推算,宇宙是在距今大约 $(1.0 \sim 2.0) \times 10^{10}$ a前的一次大爆炸中诞生的,其年龄具有 10^{18} 数量级(s)。在宇宙的演化过程中,恒星不断地向外释放能量,这些能量来自于内部的热核反应。当核燃料耗尽,恒星就会死亡。恒星质量愈大,聚变反应速度愈快,其寿命愈短。据估计,太阳的寿命约为 10^{10} a,

而太阳现在的年龄约为 5×10^9 a, 正处于壮年期。

微观粒子的寿命是指粒子从产生到衰变前存在的时间。在常见的基本粒子中, 光子、电子和质子是稳定的, 其余的粒子寿命一般较短。现在所知道的物质世界最短寿命为 10^{-25} s (Z^0 粒子的寿命)。物质世界的时间尺度范围在 $10^{-25} \sim 10^{18}$ s (宇宙年龄) 之内, 大约跨越 43 个数量级。

3. 物质存在的基本形式

实物和场是物质存在的基本形式。实物是由大量原子、分子所组成的宏观实体; 而场是一种无形的物质存在形式, 它是传递物体间相互作用的媒质。

1.1.2 实物的基本性质

1. 分子间的作用力

分子间的力主要是电力和磁力。与万有引力相比, 分子间的分子力比万有引力大 10^{29} 倍。当分子间的距离为 r_0 (2.5×10^{-10} m) 时, 分子力为零; 当分子距离小于 r_0 时, 分子力表现为斥力; 当分子距离大于 r_0 时, 分子力表现为引力。

在固体形态中, 分子只能在平衡位置 r_0 附近振动, 分子没有足够的能量克服分子吸引力, 振动中心基本上是固定的; 在液体里, 分子具有较大的振动能量, 振动中心可以自由移动; 气体分子间距要比分子力作用范围大得多, 分子具有最大的动能, 并在两次碰撞之间仍沿着直线运动。

2. 固体

固体可分为晶体、准晶体和非晶体。

(1) 晶体是由规则性排列的粒子(如原子、分子和离子等)组成的固态实物; 可分为原子态晶体、分子态晶体和离子态晶体。例如, 金属属于原子态的晶体, 金刚石等属于分子态晶体, 盐等是离子态晶体。

(2) 非晶体是由不规则排列的粒子组成的固态实物, 如玻璃、沥青及各种塑料等。

(3) 准晶体既不像晶体粒子非常规则的周期排列, 也不像非晶体粒子完全无规则排序, 而是具有粒子长程准周期排列的特点。一般地说, 准晶体在某一范围内主要表现为晶体特性, 超出这一范围, 则主要表现为非晶体特性。

3. 液体与气体

液体通常具有一定的体积, 但无确定的形状; 而气体是既无确定形状又无一定体积的物质形态。液体和气体均具有流动性。

4. 等离子体

等离子体是指由电子、离子和未电离的中性粒子三种成分组成的电离子的气体, 被称为物质第四态。整体上呈准电中性, 集体效应起主要作用。宇宙中有 99% 以上的物质处于等离子体状态。

5. 暗物质

暗物质的存在及其形态目前还不清楚, 但暗物质的存在与否将决定宇宙是有限还是无限的关键问题。

6. 生物大分子

生物大分子归属于软凝聚态物质。许多基本的生命现象都是生物大分子的复杂结构及其运动的体现。目前, 人们对生物大分子的功能及精细结构还知之甚少, 这些都有待于生物学和物理学的进一步研究。

1.1.3 场与物质的相互作用

1. 场的基本性质

- (1) 场是传递物质间相互作用的媒质。
- (2) 场具有独立性和可叠加性。
- (3) 描述场的存在及其大小有不同的特征指标。
- (4) 势是描述场与物质相互作用的重要物理量。

2. 场与物质的相互作用

- (1) 电磁相互作用:它是自然界最普遍的相互作用形式,作用范围可以达到无限远,是一种长程作用。
- (2) 引力相互作用:它也是物质间最普遍的一种相互作用,作用范围可以达到无限远,是一种长程作用,电磁作用一般大于引力作用。
- (3) 强相互作用:它是一种核力作用,是微观粒子间的一种相互作用,作用力程很短,只有 10^{-15} m;作用时间也很短,只有 10^{-23} s;但在相同距离上,核力的作用强度大于万有引力和电磁相互作用力。
- (4) 弱相互作用:它是基本粒子衰变过程的一种相互作用,作用力程更短,有效作用范围仅为 10^{-18} m;作用强度大于万有引力,而小于电磁相互作用力。

1.1.4 物质的能量

1. 能量守恒定律

能量是物质相互作用和转化的量度。能量既不会产生,也不会消灭,而只能由一种形式转换为另一种形式。能量守恒定律是自然界普遍适用的基本规律,它是支配自然现象的普遍原则。

2. 实物的质量与能量

- (1) 实物的动质量:由相对论可知,运动的实物的质量

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

式中 m_0 为静止质量; m 是实物相对于观察者以速率 v 运动时所测得的质量; c 为光速。

- (2) 质能关系:

$$\Delta E = mc^2 - m_0c^2 = (m - m_0)c^2 = \Delta mc^2$$

或

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

上式表明质量和能量在一定意义上是可以等效的。当 $v \ll c$ 时, $E_k = \frac{1}{2}m_0v^2$, 可见,经典力学中的动能只是相对论力学在低速情况下的近似。当物体静止时,物体也具有能量 m_0c^2 , 这一能量称为静止能量,简称静能。

- (3) 封闭系统的能量守恒原理:

$$\sum_i (m_0c^2 + E_i) = \text{恒量}$$

式中 $\sum_i m_0c^2$ 表示总静止能量; $\sum_i E_i$ 表示除静能外其他所有能量之和。

3. 势能

势能是位置的函数,依据势能的变化特征可分为:重力势能、引力势能、弹性势能和电势能等。保守场的势能可统一表示为

$$U(a) - U(b) = \int_a^b \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

4. 势与场的关系

(1) 保守力 \mathbf{F} 与势能 U 的关系

$$\mathbf{F} = -\nabla U$$

(2) 场强 \mathbf{Q} 与势的关系

$$\mathbf{Q} = -\nabla \varphi$$

1.2 知识结构图



1.3 教学要求、重点、难点及考点

1.3.1 教学基本要求

了解物质的结构层次,了解实物和场的基本性质,了解质能关系,理解能量守恒定律。

1.3.2 重点、难点指南

重点:了解物质世界的结构及形态,实物的基本性质,爱因斯坦的质能关系,静止质量和运动质量。

难点:场与物质的相互作用以及作用过程中能量的关系。

1.3.3 考点指南

为便于学生对物理学有一个整体认识,本章的典型题突出了物理学的基础地位、物理学的研究对象及其与相关学科间关系的介绍,但不做考试要求。

1.4 典型题解析

例 1.1 什么是物理学?

解 现代观点认为,物理学是研究物质结构和基本运动规律的学科。也有人认为,它是研究自然界基本规律的科学,这是因为英文词 physics 来源于希腊文,原意就是自然。而中文的物理则有两个含义,一是“物”的成分,即物质的结构和性质;二是“理”的成分,即物质的运动、变化规律,中文的含义与现代的物理学定义颇为吻合,因此,自然界中的所有物质均在物理学的研究范围之内。把对物质的结构与性质的研究称为“物性”研究,也有人称为物质科学;对机械运动、热运动、电磁运动以及原子与原子核等物理运动规律的研究称为“理性”研究,由此诞生了力学、热学、电磁学等分支学科及一些交叉学科。

【评注】 尽管同学们对物理学并不陌生,但要确切回答这一问题,确是一件难事。下面提供简要的物理学发展史,以供大家总结。

古希腊人最早产生了对自然界的观察和思考,当时被称为自然哲学。科学分化为天文学、物理学、化学、生物学、地质学等,只是近几百年的事。在牛顿时代,物理学仍被称为自然哲学,牛顿的划时代巨著《自然哲学的数学原理》就是一个明证。

17 世纪,牛顿在伽利略、开普勒的工作基础上,建立了完整的经典力学理论,这是现代意义下的物理学开端。从 18 世纪到 19 世纪,在大量实验基础上,卡诺、焦耳、开尔文建立了宏观的热力学理论,克劳修斯等建立了说明热现象的气体动理论,库仑、奥斯特、安培、法拉第等建立了电磁学理论,至此完成了经典物理学理论体系。20 世纪初,爱因斯坦独自创立了相对论,在普朗克、爱因斯坦、玻尔、德布罗意、海森堡等人的努力下,又创立了量子论和量子力学,奠定了近代物理理论基础。随着物理学的发展,从物理学不断分化出粒子物理、原子核物理、凝聚态物理、激光物理、电子物理、等离子体物理等名目繁杂的新分支,以及从物理学与其他学科结合而衍生出的诸如天体物理、化学物理、生物物理、环境物理等众多交叉学科。

物理学的发展越来越显出它的实质和内涵,物理学被定义为探讨物质结构和运动基本规律的学科,尽管

这个定义仍难以表现出当代物理学极其丰富的内涵,但值得肯定的是,物理学与其他学科相比,更着重于物质世界普遍的基本规律的探索,因此它是整个自然科学的基础。

例 1.2 论述物理学与技术、物理学与生命科学的关系。

解 科学与技术是两个密切相关、又有很大区别的概念,科学解决理论问题,是发现自然界中确凿事实和现象之间的关系,并建立理论把这些事实和关系联系起来。技术解决实际问题,它的任务则是把科学的成果应用到实际中去。科学负责对未知领域的探索,其进展尤其是重大突破是难以预料的;技术是在相对成熟的领域内工作,可以进行比较准确的规划。

回顾历史,在第一次工业革命中,技术工人瓦特给蒸气机增加了冷凝器,并发明了活塞、飞轮、离心节速器等,完善了蒸气机,使其成为真正的动力,被广泛应用于纺织、轮船、火车上,但其效率仅为 5% ~ 8%。技术向物理学提出了问题,1824 年,工程师卡诺提出了他的著名定理,为提高热机效率提供了理论依据。到了 20 世纪,蒸气机效率达到 15%,内燃机的效率达到了 40%。19 世纪中叶确立的能量守恒定律以及热力学第一、二定律起到了关键作用,技术向物理提出了问题,促使物理发展理论,反过来提高了技术,物理与技术的关系可总结为技术 → 物理 → 技术。1831 年法拉第的电磁感应定律,当时只是物理学理论上的探索,没有应用性研究。但此后半个多世纪各种交、直流发电机、电动机和电报机的研究应运而生,紧接着无线电的发明,又形成了物理与技术的第二种模式,即物理 → 技术 → 物理。这样以来,应用性研究强有力地促进了物理学的发展。

20 世纪,物理与技术的关系表现为两种模式的相互交叉和并存,几乎所有重大的新技术领域(如电子学、原子能、激光和信息技术)的创立,事前都是在物理学经过长期酝酿,在理论和实验上积累了大量知识,才突然迸发出来的。

谈起物理学与生命科学的关系,历史上曾经有过两种极端相反的看法。一种是“生机论”,认为生命现象是由某种活力主宰着,永远不能在物理和化学的基础上得到解释;另一种是“还原论”,认为一切生命现象都可归结为物理和化学过程。1824 年沃勒成功地在实验室合成了尿素后,生机论动摇了,但是能否完全用物理和化学原理解释生命现象呢?回答这个问题还为时尚早。不过生命科学有自身独特的思维方式和研究手段,积累了大量知识,确定了许多原理,简单地将生物学还原成物理和化学,是没有意义的。但物理学研究的是物质世界普遍而基本的规律,它对有机界和无机界同样适用,物理学构成了所有自然科学的理论基础,其中也包括生命科学在内。

物理学与生命科学相互渗透,不但推动了科学的重大发展,如 DNA 的双螺旋结构的确定、耗散结构理论的建立等,而且也促使了技术方面取得了长足发展,如电镜技术、核磁共振技术、CT 技术等,有人预言,21 世纪是生命科学的世纪,那么生命科学的长足发展,必定是在与物理学更加紧密的结合中取得的。

【评注】 农业科技是科学与技术的孪生体。它是以前生命科学为先导,集环境生态、社会经济等自然科学和社会科学及技术于一体的综合性学科。通过这一问题的回答,可以帮助读者了解物理学在生命科学和农业科技中的作用与影响。

例 1.3 在很多教材中都将物质世界形象地描绘成一个“蛇吞尾”图,试解释其含义。

解 “蛇吞尾”图是从空间尺度上反映了物质世界的层次与轮廓。它的含义可归结为以下几点:

- (1) 物质世界不论其形态和相互作用如何,其物质性是不会改变的,也可以说,宇宙统一于物质。
- (2) 按空间尺度,物质可划分为大尺度、中尺度和小尺度,物质系统可划分为宇观系统、宏观系统和微观系统。
- (3) 物理学的研究对象包含了小到基本粒子、大到宇宙天体的所有物质,物理学对物质结构和性质的研究形成了物质科学;对不同尺度物质运动和规律的研究形成了各个分支学科,如天体物理、力学、电磁学、分子



物理等。

(4) “蛇吞尾”图充分反映了还原论和系统论的思想。即：大尺度物质是小尺度物质特性的系统性反映，但不完全等同于小尺度物质特性之和；小尺度物质特性不仅反映了自身的特性，并且在某种程度上表现了系统的固有属性。这种相互包容、相互渗透的物质图谱才是物质世界的全貌。

(5) “蛇吞尾”图表明，人类对物质世界的认识永无止境。尽管研究星系和恒星的起源与演化的天体物理学和研究微观粒子的粒子物理学均取得了很大进展，但向“更大”和“更小”的两个极端的探索永无止境。

【评注】 中学物理教材和传统的大学物理教材多是以物理学的理性划分为力学、热学、电磁学等，忽略了物性成分，该问题可以帮助读者了解物质世界的基本轮廓。

例 1.4 说明实物和场的区别与联系。

解 实物是由大量原子、分子所组成的客观实体，是一种“有形”的物质形式。场具有弥散性，场的空间尺度可以是无限大，常被称为“无形”的物质存在形式。但实物和场作为物质存在的两种基本形式，它们之间既有区别又有联系。

从物质的基本属性看，具有下列共性：

- (1) 实物和场物质的运动性。物质无论是以实物或是以场的形式存在，其运动属性不会改变。
- (2) 实物和场物质的多样性。如实物有宇观、宏观和微观之分，场有电磁场、引力场、胶子场等。
- (3) 实物和场物质都具有波粒二象性。实物的粒子性非常明显，波动性较弱；场的波动性明显，粒子性较弱。近代物理的研究证明，它们都具有波粒二象形。

但从物质的个性分析，实物和场又有很大区别，表现在以下几方面：

- (1) 实物是有形的，场是无形的。
- (2) 场的叠加性强，而实物的叠加性弱。
- (3) 实物有确定的空间尺度，而场的空间尺度无限。
- (4) 描述实物和场的量以及动力学方程是不同。

实物与场的关系表现为：

- (1) 场是传递物质相互作用的媒质。如引力场是传递引力作用的媒质、电磁场是传递电磁作用的媒质。
- (2) 两种物质存在形式可以相互转化。如电子和正电子相遇将湮灭而转化为光子等。

【评注】 场的概念和性质非常抽象，很难把握，虽然该问题的回答超出了本章的要求，但它可帮助读者全面了解两种物质基本存在形式间的区别与联系。

例 1.5 试说明分子力导致分子相互吸引和排斥的微观机理。

解 分子间的力主要是电力和磁力。如果把分子间的分子力与分子间的万有引力相比较，可以发现分子间的力比后者大 10^{29} 倍，因而分子之间的万有引力和分子间的力相比是可以忽略的。从一般标准来看，分子间的力是很小的。但是分子力的作用对象——分子质量也很小，在分子力的作用下，能够引起比重力加速度大 10^{14} 倍的瞬时加速度，引起分子的加速运动。然而，这种加速度仅能持续极短的时间，因为一个被加速的分子将迅速跑出另一分子的作用范围。

虽然所有分子都包含运动着的电荷，但它们都是电中性的。电荷的活动性使分子能产生电磁相互作用。当两个分子相互接近时，每个分子的表面电荷密度重新分布，表面的电子稍微偏离正常状态，使得在分子的某一部分上，电荷的平均距离变小，而在另一部分上则变大。这样以来，在两个分子上就形成了带相反电荷的区域，从而产生分子间的吸引力。这样的力是短程作用力。如果分子靠得更近，以致原子的外层电子壳层开始叠合，分子就相互排斥了。这种排斥力来自带同种电荷的电子壳层的排斥，这就是弹性碰撞的原因。