



iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列



自主创新
方法先行



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

大学物理学学习指导

主编 汪自庆 杜光源 解迎革

高等教育出版社



iCourse · 教材
高等农林院校基础课程系列



自主创新
方法先行



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

大学物理学学习指导

主 编 汪自庆 杜光源 解迎革
副主编 李 霞 刘云鹏 任文艺 党亚爱
主 审 张社奇

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是与王国栋主编的《大学物理学》(第二版)配套的学习指导书。
本书依照农林类普通高等院校大学物理课程教学基本要求,针对学生学习大学物理过程中存在的困难和问题,以及农林科技、生命科学发展的实际,在总结多年教学经验的基础上编写而成。

全书分为12章:物质的基本性质、流体力学基础、液体的表面现象、电场和磁场、生物电磁学基础、热力学基础、气体分子动理论、振动与波动、波动光学、光与物质的相互作用、量子物理基础和原子核及基本粒子简介,各章一般包括内容提要、学习指导、典型题解析、课后习题详解4个模块。

本书可作为农林类普通高等院校农科类、生物学类、化学类本科生学习大学物理课程的教学参考书,也可供其他院校相关专业的学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学学习指导/汪自庆,杜光源,解迎革主编. —北京:高等教育出版社,2017. 10
iCourse·教材
ISBN 978-7-04-048147-1

I. ①大… II. ①汪… ②杜… ③解… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第165035号

Daxue Wulixue Xuexi Zhidao

项目策划	王 瑜 李光跃	陈琪琳 李艳馥 吴雪梅	
策划编辑	顾炳富	责任编辑 忻 蓓	特约编辑 汤雪杰
封面设计	徐艳妮	插图绘制 杜晓丹	责任校对 陈 杨
			封面设计 张 楠
			责任印制 赵义民

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	固安县铭成印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	850mm×1168mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	15.75		
字 数	340千字	版 次	2017年10月第1版
购书热线	010-58581118	印 次	2017年10月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	33.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 48147-00

出版说明

“十二五”是继续深化高等教育教学改革、走以提高质量为核心的内涵式发展道路和农林教育综合改革深入推进的关键时期。教育教学改革的核心是课程建设,课程建设水平对教学质量和人才培养质量具有重要影响。2011年10月12日教育部发布了《教育部关于国家精品开放课程建设的实施意见》(教高[2011]8号),开启了信息技术和网络技术条件下校、省、国家三级精品开放课程建设的序幕。作为国家精品开放课程展示、运行和管理平台的“爱课程(iCourse)”网站也逐渐为高校师生和社会公众认知和使用。截至目前,已启动2911门精品资源共享课和696门精品视频公开课的立项建设,其中的1000多门精品资源共享课和600多门精品视频公开课已经在“爱课程(iCourse)”网站上线。

高等教育出版社承担着“‘十二五’本科教学工程”中国国家精品开放课程建设的组织实施和平台建设运营的重要任务,在与广大高校,特别是高等农林院校的调研和协作中,我们了解到当前高校的教与学发生了深刻变化,也真切感受到课程和教材建设所面临的挑战和机遇。如何建设支撑学生自主学习和校际共建共享的课程和新形态教材成为现实课题,结合我社2009年以来在数字课程建设上的探索和实践,我们提出了“高等农林院校基础课程精品资源共享课及系列教材”建设项目,并获批列入科技部“科学思维、科学方法在高等学校教学创新中的应用与实践”项目(项目编号:2009IM010400)。项目建设理念得到了众多农林高校的积极响应,并于2012年12月—2013年6月,分别在北京、扬州、武汉、哈尔滨、福建等地陆续召开了项目启动会议、研讨会和编写会议。2014年,项目成果“iCourse·教材:高等农林院校基础课程系列”陆续出版。

本系列教材涵盖数学、物理、化学化工、计算机、生物学等系列基础课程,在出版形式、编写理念、内容选取和体系编排上有不少独到之处,具体体现在以下几个方面:

1. 采用“纸质教材+数字课程”的出版形式。纸质教材与丰富的数字教学资源一体化设计,纸质教材内容精炼适当,并以新颖的版式设计和内容编排,方便学生学习和使用;数字课程对纸质教材内容起到巩固、补充和拓展作用,形成以纸质教材为核心,数字教学资源配合的综合知识体系。

2. 创新教学理念,引导自主学习。通过适当的教学设计,鼓励学生拓展知识面和针对某些重要问题进行深入探讨,增强其独立获取知识的意识和能力,为满足学生自主学习和教师教学方法的创新提供支撑。

3. 强调基础课程内容与农林学科的紧密联系,始终抓住学生应用能力培养这一重要环节。教材和数字课程中精选了大量有实际应用背景的案例和习题,在概念引入和知识点讲授上也总是从实际问题出发,这不仅有助于提高学生学习基础课程的兴趣,也有助于加强他们的创新意识和创新能力。

4. 教材建设与资源共享课建设紧密结合。本系列教材是对各校精品资源共享课和教学改革成果的集成和升华,通过参与院校共建共享课程资源,更可支持各级精品资源共享课的持续建设。

建设切实满足高等农林教育教学需求、反映教改成果和学科发展、纸质出版与资源共享课紧密结合的新形态教材和优质教学资源,实现“校际联合共建,课程协同共享”是我们的宗旨和目标。将课程建设

及教材出版紧密结合,采用“纸质教材+数字课程”的出版形式,是一种行之有效的方法和创新,得到了高校师生的高度认可。尽管我们在出版本系列教材的工作中力求尽善尽美,但难免存在不足和遗憾,恳请广大专家、教师和学生提出宝贵意见与建议。

高等教育出版社

2014年7月

前 言

物理学是研究物质运动最一般规律和物质基本结构及相互作用的学科,是自然科学的基础,并交融、渗透于各类科学与技术之中。大学物理学是农林类普通高等院校各专业学生的一门重要必修基础课,对学生的科学素质和创新能力培养有着不可替代的作用。要真正领会和运用物理学的思想、方法和理论,不仅要加强课堂上的学习与训练,还必须做一定量的课外练习。只有这样,才能巩固和深化所学知识,正确理解和掌握物理学的基本概念、基本规律和基本方法,培养和提高学生分析、解决问题的能力,并进一步将物理知识应用于其他学科。为了帮助学生学好大学物理,我们根据长期的教学经验和教学研究编写了本书。

本书依据农林类普通高等院校大学物理课程教学基本要求,结合农林科技与生命科学发展的实际,覆盖了需要掌握的基本理论和基本方法。全书分为12章,一般包括内容提要、学习指导、典型题解析、课后习题详解4个模块。内容提要部分列出了本章的基本概念、主要原理等基本知识;学习指导部分包含了教学基本要求和知识结构图,帮助读者了解课程的知识结构以及主要知识点的层次要求;典型题解析部分通过一些典型的例题,让学生了解并熟悉利用相关物理学原理处理一些具体问题,题后的评注对解题技巧、关键步骤、易错点作了总结,并对该题的应用作了拓展,本部分还注重结合一些农林、生命等学科中的物理问题来分析;在以上基础上,对王国栋主编的教材《大学物理学》(第二版)中的课后习题给出了详细解答,以便学生自我练习和对照检查。

本书由汪自庆、杜光源、解迎革担任主编,李霞、刘云鹏、任文艺、党亚爱担任副主编。全书由汪自庆统稿,由张社奇教授主审,并得到了国内多所农林院校物理同仁的大力支持,在此一并致谢。

由于编者的知识水平和教学经验有限,书中的缺点、错误及疏漏之处在所难免,恳请使用本书的师生批评指正。

编 者

2017年3月

目 录

第 1 章 物质的基本性质	001
1.1 内容提要	002
1.2 学习指导	005
1.2.1 基本要求	005
1.2.2 知识结构图	005
1.3 典型题解析	006
第 2 章 流体力学基础	011
2.1 内容提要	012
2.2 学习指导	015
2.2.1 基本要求	015
2.2.2 知识结构图	016
2.3 典型题解析	016
2.4 课后习题详解	023
第 3 章 液体的表面现象	035
3.1 内容提要	036
3.2 学习指导	038
3.2.1 基本要求	038
3.2.2 知识结构图	039
3.3 典型题解析	039
3.4 课后习题详解	049
第 4 章 电场和磁场	57
4.1 内容提要	058
4.2 学习指导	063
4.2.1 基本要求	063
4.2.2 知识结构图	064
4.3 典型题解析	064
4.4 课后习题详解	077

第5章 生物电磁学基础	091
5.1 内容提要	092
5.2 学习指导	094
5.2.1 基本要求	094
5.2.2 知识结构图	095
5.3 典型题解析	095
5.4 课后习题详解	099
第6章 热力学基础	101
6.1 内容提要	102
6.2 学习指导	106
6.2.1 基本要求	106
6.2.2 知识结构图	106
6.3 典型题解析	107
6.4 课后习题详解	115
第7章 气体分子动理论	129
7.1 内容提要	130
7.2 学习指导	132
7.2.1 基本要求	132
7.2.2 知识结构图	132
7.3 典型题解析	132
7.4 课后习题详解	139
第8章 振动与波动	151
8.1 内容提要	152
8.2 学习指导	155
8.2.1 基本要求	155
8.2.2 知识结构图	156
8.3 典型题解析	156
8.4 课后习题详解	167
第9章 波动光学	177
9.1 内容提要	178
9.2 学习指导	181
9.2.1 基本要求	181
9.2.2 知识结构图	181

9.3 典型题解析	182
9.4 课后习题详解	192
第 10 章 光与物质的相互作用	203
10.1 内容提要	204
10.2 学习指导	207
10.2.1 基本要求	207
10.2.2 知识结构图	208
10.3 典型题解析	208
10.4 课后习题详解	211
第 11 章 量子物理基础	215
11.1 内容提要	216
11.2 学习指导	218
11.2.1 基本要求	218
11.2.2 知识结构图	218
11.3 典型题解析	218
11.4 课后习题详解	226
第 12 章 原子核及基本粒子简介	231
12.1 内容提要	232
12.2 学习指导	233
12.2.1 基本要求	233
12.2.2 知识结构图	234
12.3 典型题解析	234
12.4 课后习题详解	236
常用物理常量表	239

>>> 第1章

… 物质的基本性质

1.1 内容提要

(一) 物质世界的结构层次

1. 物质世界的空间尺度

(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(阿伏伽德罗常量),这里的数就可表示为 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”.

物理学中通常将一个物理量的数值表示为一个小于10的数字乘以10的幂次,这样既表示了数量的大小,也表示了有效数字的位数.

(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,从微观到宇观跨越了42~43个数量级.具体划分如下:

宇观系统:空间尺度范围在 $10^7 \sim 10^{26}$ m(大于地球尺度)之内的客体.

宏观系统:空间尺度范围在 $10^{-3} \sim 10^7$ m(人体尺度上下几个数量级)之内的客体.

介观系统:空间尺度范围在 $10^{-10} \sim 10^{-3}$ m(介于宏观和微观之间的尺度)之内的客体.

微观系统:空间尺度范围在 $10^{-15} \sim 10^{-10}$ m(基本粒子到原子尺度)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 $10^{12} \sim 10^{14}$ 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 $(1.0 \sim 2.0) \times 10^{10}$ 年前的一次大爆炸中诞生的,其年龄具有 10^{18} 数量级(单位为秒).在宇宙的演化过程中,恒星不断地向外释放能量,这些能量来自内部的热核反应.当核燃料耗尽,恒星就会死亡.恒星质量越大,聚变反应速度越快,其寿命越短.据估计,太阳的寿命约 10^{10} 年,而太阳现在的年龄约为 5×10^9 年,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的最短寿命为 10^{-25} s(Z^0).物质世界的时间尺度范围在 10^{-25} s(Z^0 粒子的寿命) $\sim 10^{18}$ s(宇宙年龄).

3. 物质的质量

物质的质量取决于物质的组成.例如,宇宙质量的数量级为 10^{55} (kg);太阳质量的数量级为 10^{30} (kg);地球质量的数量级为 10^{24} (kg);红血球细胞质量的数量级

为 $10^{-12}(\text{kg})$; 氧分子质量的数量级为 $10^{-26}(\text{kg})$; 电子的仅为 $10^{-30}(\text{kg})$ 。

(二) 物质的基本存在形式

实物和场是物质的基本存在形式。实物是由大量原子、分子组成的宏观实体。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介质。场的基本性质有:

- (1) 场是传递物质间相互作用的特殊介质;
- (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。

(三) 实物的基本形态与性质

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 $r_0(2.5 \times 10^{-10} \text{ m})$ 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,由于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) 准晶体既不像晶体那样粒子非常规则的周期排列,也不像非晶体那样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. 液体和气体

液体通常具有一定的体积、但无确定的形状;而气体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了的气体,被称为物质第四态。等离子体整体上呈准电中性,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。

(四) 物质相互作用的形式

1. 电磁相互作用

电磁相互作用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

引力相互作用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,但引力作用的强度很小.

3. 强相互作用

强相互作用是一种核力作用,是微观粒子间的一种相互作用,作用力程很短,只有 10^{-15} m;但在相同距离上,强相互作用的强度大于引力和电磁相互作用力.

4. 弱相互作用

弱相互作用是基本粒子衰变过程的一种相互作用,它的作用力程更短,小于 10^{-17} m,作用强度大于万有引力,而小于电磁相互作用.

(五) 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化为另一种形式. 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) 实物的运动质量

由相对论可知,运动物体的质量为

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (1.1)$$

式中 m_0 为静止质量; m 是物体相对于观察者以速率 v 运动时所对应的质量; c 为光速.

(2) 质能关系

由相对论可知,当物体静止时,物体也具有能量 $E_0 = m_0 c^2$,这一能量称为静止能量,简称静能;而物体运动时的能量为 $E = mc^2$,此时物体的动能为

$$E_k = mc^2 - m_0 c^2 \quad (1.2)$$

当 $v \ll c$ 时, $E_k \approx \frac{1}{2} m_0 v^2$,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.

在一定条件下将任何一种能量 ΔE 传递给某种物质,就会使其质量增加 Δm ,两者满足如下关系:

$$\Delta E = \Delta m c^2 \quad (1.3)$$

上式表明质量和能量在一定意义上是可以等效的.

(3) 封闭系统的能量守恒原理

$$\sum_i (m_{0i} c^2 + E_i) = \text{常量} \quad (1.4)$$

式中 $\sum_i m_{0i} c^2$ 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

在保守力场中可引入势能 U 的概念,势能是位置的函数,常见的势能有:重力势能、引力势能、弹性势能和电势能等. 保守力所做的功等于势能增量的负值:

$$U(a) - U(b) = \int_a^b \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} \quad (1.5)$$

4. 势与场的关系

(1) 保守力 $\mathbf{F}$ 与势能 U 的关系:

$$\mathbf{F} = -\nabla U \quad (1.6)$$

(2) 场强 $\mathbf{Q}$ 与势 φ 的关系:

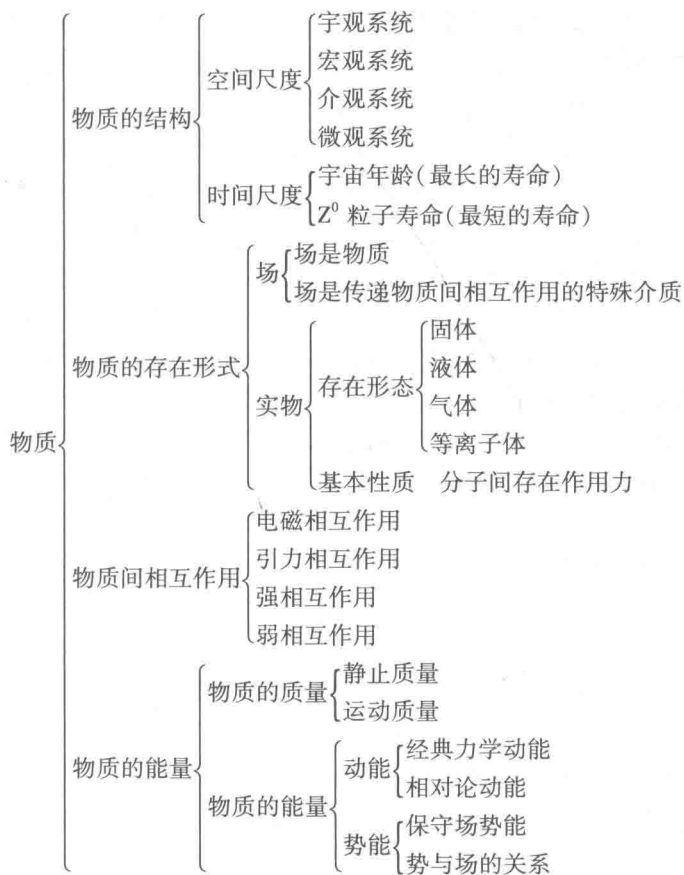
$$\mathbf{Q} = -\nabla \varphi \quad (1.7)$$

1.2 学习指导

1.2.1 基本要求

1. 了解物质的结构层次.
2. 了解实物及场的基本性质.
3. 了解质能关系.
4. 理解能量守恒定律.

1.2.2 知识结构图



1.3 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科学.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,即物质的运动和变化规律,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》就是一个证明.

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,这是近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、海森伯等人的努力下,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,是指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,技术工人瓦特给蒸汽机增加了冷凝器,并发明了活塞、飞轮、离心节速器等,完善了蒸汽机,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,蒸汽机效率达到 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、第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,导致了无线电的发明,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的基础上,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。

物理学与生命科学相互渗透,不仅导致了科学的重大发展,如 DNA 的双螺旋结构的确定、耗散结构理论的建立等,还促使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,它是以生命科学为先导,集生态环境、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、介观系统和微观系统。

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.

⑥当代宇宙学的前沿课题是宇宙的起源与演化,这方面的巨大成就是建立了宇宙大爆炸模型,该模型表示宇宙起源于一次大爆炸,开初物质的密度和温度都极高,那时没有原子分子,只有极高温的热辐射和其中隐现的高能粒子.于是,早期的宇宙成了粒子物理学研究的对象.粒子物理学的主要手段是加速器,但加速器能量的提高受到财力、物力和技术等多方面的限制.因此粒子物理学家还希望从宇宙早期演化的观测中获得一些信息和证据来检验极高能量下的粒子理论.当然宇宙学,尤其是宇宙起源的研究也离不开粒子物理学的理论.就这样,物理学中研究最大对象和最小对象的两个分支——宇宙学和粒子物理学,竟奇妙地连接在一起,结成为密不可分的姊妹学科,犹如一条怪蟒咬住自己的尾巴.

【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、介观和微观之分,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性.

但从物质的个性分析,实物和场又有很大区别,表现在以下几个方面:

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特殊介质.如引力场是传递引力作用的介质、电磁场是传递电磁作用的介质.

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

NOTE