农林课程提高与应试丛书

大学物理

典型题解析及自测试题

张社奇　时新玲　刘云鹏　编

西北工业大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

【内容简介】 本书依照农林院校大学物理教学基本要求,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。

全书参照了中国物理学会教学委员会农林分委会副主任委员、博士生导师王国栋教授主编、西北农林科技大学等七所农林院校合编的《大学物理学》一书的章节划分和排序,共 12 章内容。每章分为内容提要、典型题解析、习题等 3 个模块,书末配有西北农林科技大学 1998—2001 年各年度第二学期物理试题及其答案(旨在通过对典型题的解析,帮助学生熟练掌握物理学的概念、理论、方法,提高学生分析问题和解决问题的能力)。

本书可作为农林院校理科、农科本科生学习大学物理课程的教学参考书,也可供其他院校的生物类、化学类各专业学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理典型题解析及自测试题/张社奇,时新玲,刘云鹏编. —西安:西北工业大学出版社,2002.2
(农林课程提高与应试丛书)

ISBN 7-5612-1422-7

Ⅰ.大… Ⅱ.①张…②时…③刘… Ⅲ.物理学-高等学校-解题 Ⅳ.04-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 089533 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:029-8493844
网 址: http://www.nwpup.com
印 刷 者: 陕西友盛印务有限责任公司
开 本: 850 mm×1 168 mm
印 张: 8.75
字 数: 217 千字
版 次: 2002 年 3 月 第 1 版 2002 年 3 月 第 1 次印刷
印 数: 1～5 000 册
定 价: 13.00 元

农林课程提高与应试丛书编委会

主 任 委 员　李振岐(中国工程院院士, 西北农林科技大学博士生导师, 教授)

副主任委员　张　波(西北农林科技大学副校长, 教授)
王　蒂(甘肃农业大学校长, 教授)
周泽扬(西南农业大学副校长, 教授)
修耀华(贵州大学副校长, 教授)
何慧星(石河子大学副校长, 教授)
张近乐(西北工业大学出版社副总编, 副编审)

委　　员　刘光祖　卢恩双　张继树　贺学礼
赵晓农　周文明　张社奇　王保莉

丛 书 策 划　何格夫

序

□　李振岐[①]

21 世纪，社会对德才兼备的高素质科技人才的需求更加迫切。通过行之有效的途径和方法培养符合时代要求的优秀人才，是摆在全社会尤其是高等院校和科学研究院(所)面前的一个艰巨而现实的问题。

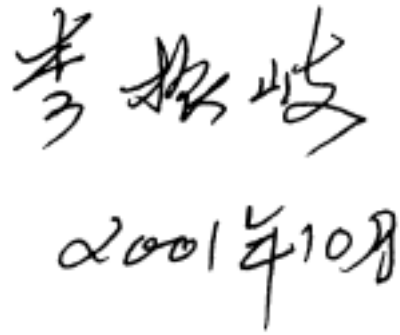
为了强化素质教育，使大学生学有所长，增强才智，高等教育部门各有关单位对高等学校公共基础课、技术基础课到专业课的整个教学过程做了大量细致的工作。与之相配合，不少出版社也相继出版了指导学生理解、领会教学内容，增强分析、解决问题能力的辅导读物，其中多数是面向理工院校学生的。这些辅导读物，极大地满足了大学生学习相关课程的需求。

对于农林院校来说，学生们同样需要合适的参考书来帮助他们掌握课程重点和难点，明确解题思路、方法和技巧，提高课程学习能力和水平。不过，这类读物目前比较少见。基于此，西北工业大学出版社的同志们深入作者、读者之中，进行深入的市场调查研究，在广泛听取意见的基础上，组织了众多在农林院校执教多年，具有较高学术造诣的一线教师，精心编撰了这套旨在有效指导农林院校学生学习相关课程，为今后参加课程结业考试、研究生入学考试及为以后工作提供帮助的参考书。

---

① 李振岐，男，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。现为西北农林科技大学植保系教授、博士生导师，杨凌国家农业高新技术产业示范区专家组组长。

该套丛书首批推出9种,所有书稿几经修改,并经同行专家审定。内容选材符合课程基本要求,并且重在加深对知识的理解和提高读者分析问题、解决问题的能力。我热情地向大家推荐这套丛书,希望它能对广大读者的学习有所帮助,更期望它能在强化素质教育、推动教学改革方面起到积极作用。



2001年10月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

物理学是自然科学的基础，也是自然科学中最具活力的带头学科，它为人类认识自然、改造自然提供了重要的理论和技术源泉。农林院校的大学物理课程既是一门重要的基础理论课，又是培养学生科学精神、科学态度、科学思维方法的科学素质课，在学生的能力和素质培养中有着重要的地位和作用。

要想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，还必须做一定数量的课外练习。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，培养和提高学生发现问题、分析问题与解决问题的能力。为了帮助学生学好大学物理，我们根据高等农林院校大学物理教学基本要求，结合农林科技与生命科学发展的实际，编写了这本适合农林院校农科、理科的教学参考书，旨在使学生掌握求解有关物理问题的方法和技巧。

本书参照中国物理学会委员会农林分委员会副主任委员、博士生导师王国栋教授主编的《大学物理学》中的章节划分和排序，分为 12 章，每章按内容提要、典型题解析、习题 3 个模块编写。内容提要涵盖了本章的基本概念、规律和方法，特别考虑了与农林科技、生命科学有关的物理学内容；典型题解析紧密结合生命现象中的物理问题，从典型问题的物理模型入手，讨论条件和结论间的逻辑关系，试图建立完美的物理图像，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；习题部分供学生练习之用。书后还配有 3 套西北农林科技大学 1998—2001 年各年度第二学期物理试题，以便学生学完大学物理课程后进行自我

检测。

本书由张社奇、时新玲、刘云鹏合作编写完成，张社奇负责统稿，王国栋教授、张振瀛教授在百忙之中审定了本书并提出了有益的建议，在此表示诚挚的谢意。

鉴于目前适合农林院校大学物理教学的参考书还不多见，该书的出版只是一种尝试，限于作者水平，书中难免有疏漏和缺点，恳请使用本书的师生批评指正。

编　者

2001 年 10 月

目　　录

第一部分　典型题解析

第 1 章　物质的基本性质…… 1
一、内容提要 …… 1
二、典型题解析 …… 6
三、习题…… 12
第 2 章　流体力学基础 …… 13
一、内容提要…… 13
二、典型题解析…… 19
三、习题…… 29
第 3 章　流体的表面性质 …… 34
一、内容提要…… 34
二、典型题解析…… 39
三、习题…… 54
第 4 章　电磁场 …… 57
一、内容提要…… 57
二、典型题解析…… 65
三、习题…… 91
第 5 章　生物电磁学基础 …… 95
一、内容提要…… 95
二、典型题解析 …… 100
三、习题 …… 108

第 6 章 热力学 …… 109
一、内容提要 …… 109
二、典型题解析 …… 116
三、习题 …… 130
第 7 章 多粒子体系动理论 …… 133
一、内容提要 …… 133
二、典型题解析 …… 137
三、习题 …… 149
第 8 章 振动与波动 …… 152
一、内容提要 …… 152
二、典型题解析 …… 158
三、习题 …… 173
第 9 章 波动光学 …… 176
一、内容提要 …… 176
二、典型题解析 …… 181
三、习题 …… 197
第 10 章 光与物质的相互作用 …… 199
一、内容提要 …… 199
二、典型题解析 …… 204
三、习题 …… 209
第 11 章 量子物理基础 …… 210
一、内容提要 …… 210
二、典型题解析 …… 215
三、习题 …… 227
第 12 章 原子核及基本粒子简介 …… 229
一、内容提要 …… 229
二、典型题解析 …… 232
三、习题 …… 237

第二部分　自测试题

西北农林科技大学 1998—1999 年度第二学期物理试题 …… 239
西北农林科技大学 1999—2000 年度第二学期物理试题 …… 245
西北农林科技大学 2000—2001 年度第二学期物理试题 …… 250

附录　习题及自测试题答案

附录一　习题参考答案…… 257
附录二　自测试题参考答案…… 263

第一部分　典型题解析

第 1 章　物质的基本性质

一、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。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之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} ～ 10^{26} m(大于地球尺度) 之内

需要全本请访问 www.ertongbook.com

的客体。

宏观系统: 空间尺度范围在 10^{-6} ～ 10^{7} m(人体尺度上下几个数量级) 之内的客体。

微观系统: 空间尺度范围在 10^{-15} ～ 10^{-7} m(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大约 10^{12} ～ 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 ～ 2.0)× 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 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)。物质世界的时间尺度范围在 10^{-25}(Z^0 粒子的寿命) ～ 10^{18} s(宇宙年龄)之内。

3. 物质的质量

物质的质量取决于物质的组成。例如, 宇宙的质量数量级为 10^{55}(kg); 太阳的质量数量级为 10^{30}(kg); 地球的质量数量级为 10^{24}(kg); 红血球细胞的质量数量级为 10^{-12}(kg); 氧分子的质量数量级为 10^{-26}(kg); 电子仅为 10^{-30}(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。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。

(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(2.5×10^{-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. 液体和气体

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。

(四) 物质相互作用的形式

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。

(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, 运动的实物的质量为

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

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:

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

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

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

$$U(a) - U(b) = \int_a^b F \cdot dr$$

4. 势与场的关系

(1) 保守力 F 与势能 U 的关系

$$F = - \grad U$$

(2) 场强 Q 与势的关系

$$Q = - \grad \phi$$

为便于学生对物理学有个整体认识,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,但不做考试方面要求。

二、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

需要全本请访问 www.ertongbook.com