

高等学校工程专科教材

高工专物理学

周圣源 黄伟民 主编

周圣源 黄伟民 怀国桢 林中忖 编

高等教育出版社



高等学校工程专科教材

高工专物理学

周圣源 黄伟民 主编

周圣源 黄伟民 怀国桢 林中忖 编

高等教育出版社

(京) 112 号

图书在版编目 (CIP) 数据

高工专物理学/周圣源, 黄伟民主编; 怀国桢等编. —
北京: 高等教育出版社, 1996

ISBN 7-04-005554-6

I. 高… II. ①周…②黄…③怀… III. 物理学-高等
学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 19019 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码: 100009 传真: 4014048 电话: 4054588

新华书店总店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 16.5 字数 420 000

1996 年 5 月第 1 次印刷 5 月第 1 次印刷

印 0001—1942

定价 14.50 元

凡购买高等教育出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者, 请与当地图书销售部门联系调换。

版权所有, 不得翻印

前 言

国家教育委员会高等教育司于1994年春,以物理课程为试点,先行对教学基本要求进行修订.1995年春,又在原高等学校工程专科基础课程教材编审组的基础上,组建基础课程教学委员会(简称课委会).本书根据《高等学校工程专科物理学课程教学基本要求》(1995年版)编写,在物理课委会指导下完成编写工作.

编者在编写工作中,也希望在使用本书为教材的教学工作中注意以下几个方面.

1. 本书是培养高等应用性专门人才各专业通用的物理学教材,教学内容的选取和编写,力求体现以应用为目的,以掌握概念、强化应用为教学重点,以必需够用为度的专科教学原则.

2. 本书充分运用高中物理学已有知识,在此基础上引入专科物理教学内容,已有物理知识的运用,也不受本书教学内容体系顺序的限制.

3. 本书力求构建成便于教与学的教学内容体系,不求物理学学科体系的完整;讲求物理概念、物理结论及它们的物理意义的阐述,不求推导和论证的缜密;讲求物理学原理在生产实践中的应用,不过分描述技术细节;讲求适当融入近代物理学的观点和结论,作为了解近代物理或其技术应用的窗口;注意把辩证唯物主义的观点和工程意识渗透于全书.

4. 本书的基本内容力求反映物理课程教学基本要求及其改革精神,为增强对各类专业、各类高校具体情况的适应性,或为编写上的需要,少量引入教学基本要求中未列入的、或在教学要求及数学知识的运用上略有提高的内容.为拓宽知识面,提高适应性而使教学要求有所提高的内容,均用小字排印.习题的计算题中,也少量进入要求略有提高的练习题并用*号标出.所有教

学基本要求以外的内容, 谨供参考或选用。

5. 本书的前半部分(第一至第七章)除了小学部分和带*的习题外, 原则上可不使用积分。但附录中给出的关于矢量代数和一元微积分的基本知识, 还是尽量配合课程安排上的不同需要, 而且结合了质点运动学的一些内容。

根据有关规定, 本书使用我国法定计量单位, 个别物理量还介绍工程技术上仍在使用的单位。物理学名词的表述参照全国自然科学名词审定委员会公布的《物理学名词(基础物理学部分)》(1988)。物理量的符号和数学符号参照有关国家标准, 下角标采用国际推荐的符号, 基本物理常量采用国际推荐值。

本书编写组由四位同志组成。周圣源、黄伟民为主编, 负责本书编写的筹划和统稿。绪论、第一章、第三至第六章及附录B和C由黄伟民编写; 第二章、第七至第九章及附录D和E由怀国桢编写; 第十至第十四章由林中忬编写。高等教育出版社委托李寿松主审。

在本书的编写和审稿过程中, 不断得到国家教委高教司和高等教育出版社以及编者所在学校的关心和支持。胡盘新、佟恒智、郑伯玮、吴永盛、丁育胜、李佐周、徐宁卿、苏平、刘旦、马爱群、夏吉臣、孔令波、唐光裕(排名不分先后)等多位教授、副教授先后或多次参加审稿, 并提出了许多有益于提高本书编写质量的意见。编者衷心感谢关心、支持和帮助本书编写的领导和同志。

物理课程的改革, 一直是高等工程专科教育基础课程教学改革的难点。编者力图体现改革的精神, 限于认识和水平, 难免有不足之处, 恳请使用本书的同志和专家提出批评和建议。

编 者

1995年9月

内 容 提 要

本书系按照国家教委 1994 年组织修订的《高等学校工程专科物理学课程教学基本要求》编写的,由国家教委高工专物理课程教学委员会审定的全国高工专物理学通用教材.全书无论是体系还是内容都体现了一个“新”字,体现了改革精神,特点如下:(1)充分利用高中物理知识,避免不必要的重复;(2)在着重阐明物理学基本概念和规律的同时降低了理论要求;(3)既有丰富的联系工程实际的接口性内容,又有适当渗透近代物理思想观点的窗口性内容;(4)书中安排了部分小字内容可灵活选用以适应不同教学情况.

本书可作为高等学校工程专科各专业的物理教材,也可供职业大学、成人大学和电视大学各专业及工科本科物理学课程少学时专业参考.

目 录

绪 论	1
第一章 守恒定律	6
1.1 变力的功 弹性势能	6
1.2 保守力	12
1.3 能量守恒定律	15
1.4 动量 动量定理	17
1.5 动量守恒定律	22
1.6 刚体定轴转动的描述	28
1.7 刚体定轴转动规律	33
1.8 角动量守恒定律	38
练习题	42
第二章 流体运动	53
2.1 流体运动的描述	53
2.2 连续性方程和伯努利方程	58
2.3 牛顿粘性定律	66
2.4 泊肃叶定律 斯托克斯定律	70
2.5 流体测量	74
练习题	82
第三章 振动	87
3.1 简谐振动	87
3.2 描述简谐振动的物理量	91
3.3 简谐振动的能量	95
3.4 旋转矢量法	99
3.5 谐振动的合成	103
3.6 阻尼振动 受迫振动	106
3.7 振动的利用与防止	111
练习题	115

第四章 波动	123
4.1 波的描述	123
4.2 平面简谐波	126
4.3 波的叠加	130
4.4 声波 电磁波 物质波	136
4.5 多普勒效应	141
练习题	145
第五章 波的能量	153
5.1 波的能流密度	153
5.2 波动能量的衰减	157
5.3 声级	162
5.4 光度	165
练习题	172
第六章 光的干涉	176
6.1 相干光的形成	176
6.2 杨氏双缝干涉	181
6.3 光程和光程差	185
6.4 薄膜等厚干涉	188
6.5 光学薄膜	193
6.6 用干涉法测量微小量	199
练习题	204
第七章 光的衍射和偏振	213
7.1 光的衍射	213
7.2 单缝衍射	215
7.3 圆孔衍射	222
7.4 光栅衍射	225
7.5 晶体对 X 射线的衍射	228
7.6 偏振光 马吕斯定律	232
7.7 布儒斯特定律 旋光现象	236
练习题	239

第八章 热力学定律	244
8.1 热力学第一定律	244
8.2 平衡态 平衡过程	246
8.3 理想气体	248
8.4 理想气体等压、等体、等温和绝热过程	255
8.5 循环过程	262
8.6 热力学第二定律	269
8.7 节能	274
练习题	276
第九章 传导、对流与辐射	283
9.1 热传导	283
9.2 对流	290
9.3 热辐射	293
9.4 红外技术及其应用	300
练习题	305
第十章 静电场和电介质	311
10.1 电场强度	311
10.2 静电场的高斯定理	316
10.3 静电场的环路定理 电势	322
10.4 静电场中的导体	330
10.5 电介质	335
10.6 压电体 铁电体	339
10.7 电容传感器	343
10.8 静电场的能量	348
练习题	350
第十一章 磁场和磁介质	359
11.1 磁感强度	359
11.2 磁场的基本特性	365
11.3 磁场对运动电荷的作用 洛伦兹力	369
11.4 霍耳效应	371

11.5	磁场对载流导线的作用	376
11.6	磁介质	382
11.7	磁性材料及其应用	387
11.8	超导	390
	练习题	496
第十二章	电磁感应	403
12.1	电动势	403
12.2	电磁感应定律	406
12.3	自感与互感	413
12.4	磁场的能量	421
	练习题	424
第十三章	激光	431
13.1	原子发光	431
13.2	激光的形成	435
13.3	激光器	440
13.4	激光的特性	446
13.5	激光应用简介	448
	练习题	458
第十四章	等离子体	461
14.1	等离子体的一般概念	461
14.2	描述等离子体的几个参量	463
14.3	等离子体的主要特性	467
14.4	人工等离子体	471
14.5	等离子体在工程技术中的应用	473
	练习题	478
附录 A	高等学校工程专科物理学课程教学基本要求 (草案)	481
附录 B	矢量代数基本知识	483
附录 C	一元微积分基本知识	491
附录 D	物理量单位	503

附录 E 常用物理常量	509
附录 F 部分练习题答案	510

绪 论

物理学是一门基础自然科学，它研究物质存在的基本形式及其内部结构，研究物质组元的相互作用、运动、转化的普遍规律。简言之，物理学研究物质在空间和时间中的各种分布性质和状态。

物理学与人类文明

当今物理研究涉及的空间尺度，从普朗克长度 10^{-35}m ，至宇宙曲率半径 10^{31}m ；所涉及的时间尺度，从普朗克时间 10^{-43}s ，至质子衰变周期 10^{37}s 。由于物理学研究对象的基本性和研究成果的普适性，使得它对近代和现代的物质文明和精神文明都产生了重大而深远的影响。

人们往往以物理学和工程技术的共同结晶——蒸汽机、电机、电子计算机等等来作为人类物质文明进步里程的标志，在芯片、激光、核能如此普及，耗电产品伴随着几乎每一个人，卫星通讯使世界变成“世界村”的今天，物理学成果对人类各个活动领域的影响，即使在日常生活中也有着强烈的体现。

牛顿力学、能量和熵(见本书 8.6 节)的概念，守恒定律、相对论和量子力学，被一些学者称为“震撼宇宙的思想”。的确，这些概念、规律和理论，能够给人们提供理解自然界的思想框架，物理学的成果不仅已渗透到所有自然科学和工程科学，而且逐渐渗透到人文科学，甚至对哲学、艺术和宗教屡屡造成强大的冲击。例如，参考系的观念已被一些社会科学采用作为思维模式；量子力学引起了对因果性的重新思考；哈勃望远镜、大爆炸宇宙论等已

成为新闻话题。

物理学是人类文化的精彩篇章，也是现代文明生活中不可缺少的基础知识。任何有志于切实提高科学素养的人，都有必要学会鉴赏这一篇章。

物理学与工程技术

物理学研究的重大突破，每每导致生产技术的飞跃进展。在 19 世纪这个过程要花上几十年，而现在往往只需要几年。

直至 17 世纪末，人类的大部分工作还是靠人力和畜力来完成的。由于力学和热学的发展，从 18 世纪开始，各种动力设备相继问世，特别是在 19 世纪，电流磁效应和电磁感应规律的发现，很快促成了商用发电机、电动机的发明和创造，人类终于迎来了电气时代，世界的面貌因之发生了迅速的改变。

声波和光波是人们传递、获取信息的基本媒介，1886 年电磁波的发现和随后的应用，极大地丰富了信息传递的手段。声、电、磁、光四种信号之间可转换性的陆续发现，导致了电话、广播、电视、传真、光纤等一系列技术的采用；半导体理论的成果，则导致微电子技术和信息存储技术的长足进步；再加上计算机自动、高速、准确的信息处理功能，终于造就了现代信息产业的高度繁荣，以及机器人产业的崛起。

应当指出，迄今为止的大多数工程技术，包括卓有成效的航空航天技术，都还是以经典物理学为基础的。另一方面，20 世纪 30 年代以来，许多新材料、新工艺、新仪器、新能源的开发和利用，例如磁性材料、超导体、辐射加工、电子显微镜、核能等等，已密切地依赖于以相对论和量子物理为基石的近代物理学了。

当然，技术进步也反过来推动着物理学的发展。例如，由于几乎所有物理量都可以转换为电压，示波器已成了物理研究的有

力工具；计算机的飞速发展，使计算物理异军突起，与理论物理、实验物理鼎足而立。再如，若没有加速器和对撞机，对微观粒子的深入研究便无从谈起。

工程师、技术员的职责，在于经济地、创造性地利用能源和设备，把原材料转化成社会所需的产品。任何机器设备、任何工艺过程都要用到物理学。例如，曲轴的作用无非是实现往返运动与旋转运动的相互转换；电话的本质在于把机械振动与电磁感应结合起来。因此，要掌握现代生产技术，就必须具备一定的物理知识。对于高等工程专科的学生来说，物理知识又是学习专业课程所必需的基础。

物理学研究方法

深入地观察现象，从现象的复杂因素中选择少数主要因素进行实验；对观测结果进行分析、综合，归纳出必要的假设，建立恰当的模型；然后应用数学工具形成理论，并在实践中检验和修正理论，这就是物理学研究方法，实际上也是人们公认的科学研究的一般方法。物理学的实验方法、逻辑论证和数学分析，在其他科学领域和工程实际中，常常被当作典范而加以模仿。

自然界和生产实践中的物理现象，往往同时牵涉到诸多因素，各种不同的运动形式常常交织在一起。为了达到去粗取精、由表及里的认识，必须用仪器设备，有选择、有控制地再现物理现象，以便掌握其中规律性的联系，这一过程就是实验。实验结论可以用数学定量描述，实验过程可以由任何人重新实现，这是物理实验的显著特点，也是物理理论令人信服的力量所在。

实验是理论之源，又是检验理论真理性的最终标准；实验是技术之本、是理论付诸应用的必由之路。大家知道，为了有效地解决受控热核反应，科学家们已进行了几十年的实验。自 1901 年

至今的诺贝尔物理学奖，大约有 $2/3$ 奖给了物理实验或与实验有关的项目。

跟实验一样，物理模型本质上也是一种简化，它以客观原型为依据，但只是突出地反映原型中对所研究问题起决定作用的因素，完全忽略了其他因素，因而具有广泛的适用性。例如利用连续介质模型建立的牛顿粘性定律（见本书 2.3 节），适用于各种不同结构的牛顿流体，不论它是油、是水还是空气。另一方面，由于物理模型是对客观原型的近似描写，所以物理理论总是有一定的适用条件或适用范围。例如，一旦讨论超导体，欧姆定律就不再成立。

物理学始终贯彻着实事求是的精神，在它的发展过程中，总是不断根据新的观测事实，或者提出新的模型，或者对原有模型进行修改扩充，还可能会淘汰一些模型（如“热质”）。

学习物理知识的同时，还要学习体现于物理学中的科学态度和研究方法。正确的态度和方法，可以使人受益终生。

物理学的概念和规律

物理学的每一个分支，都是由一系列的概念和规律组成的。

物理概念是物理知识体系的基础，它们都有严格的定义。反映理想模型的物理概念，如刚体（见本书 1.6 节）、理想气体等，正是有关理论的出发点。作为考察或描述方法的概念，例如参考系、电场线、旋转矢量（见本书 3.4 节）等，往往关联着或蕴含着一定的物理原理。有些物理概念，例如惯性，则直接表现为某一物理规律的结论。因此，离开相应的物理规律，对物理概念就不可能有深刻的理解。

可量度的物理概念——物理量，要借助于符号来表达，并明确其单位。所有物理量的单位，都可由 SI 的基本单位（见附录 D）

导出.

物理规律(原理、定律、定理)是物理理论的核心,它反映了物理状态或物理过程所涉及的物理概念之间的必然联系.有些规律是定性的或半定量的,例如楞次定律、惠更斯原理(见本书 7.1 节)等.大多数规律是定量的,可用物理量之间的关系式来表达,从而给出它们的数值制约.如果一物理量在运动中的任意时刻都保持不变,就称该物理量守恒;守恒定律是物理学中十分重要的规律.通常,原理、定律的依据是实验,而定理则是原理、定律的推论.

用于定义物理量或描述物理规律的表达式,就是物理公式,如电容的定义式 $C=Q/U$, 气态方程 $pV=\gamma RT$ 等等.任何物理公式,不论等式或不等式,其左右两方的单位必定一致.实际上,物理量的定义式,同时也规定了该物理量的单位,如电容的单位必为 C/V , 其专有名称为法[拉],符号为 F . 显然,气态方程左右两方的单位都是 J . 正如千克与米不可比较一样,左右两方单位不一致的表达式都是没有意义的.

学习物理学,必须明确认识其中的概念和规律的物理图景和物理意义,并能够应用于分析和解决实际问题.

第一章 守恒定律

在所有的物理规律中，守恒定律占有十分重要的地位，它们的共同特点是：不论多么复杂的过程，只要满足一定的条件，被研究对象的某种物理量，在该过程中就恒定不变。

当某种物理量守恒时，人们不必研究过程的细节，就可以判断过程的基本特征，并就被研究对象的初、末状态间的关系，得出相应的结论。

应用最为广泛的守恒定律有：能量守恒定律，动量守恒定律，角动量守恒定律，质量守恒定律，电荷守恒定律。本章主要讨论前三个守恒定律，同时讨论与之相关的几个力学概念和规律。

1.1 变力的功 弹性势能

若物体^[1]在恒力 F 的作用下，沿力的方向产生了位移 s ，那么该力对物体所作的功为

$$A = F \cdot s$$

它可以用图 1.1 中带阴影的矩形面积来表示，这类图象称为示功图。功和能的单位都是焦[耳]，符号是 J。

1. 变力的功 在许多情况下，特别是当物体作曲线运动时，作用力或其沿位移方向的分力，通常随位移的变化而变化。为了求出变力所作的功，如图 1.2 所示，可以把运动看成为一系列的小位移 Δs_i 所构成；在每一小段位移 Δs_i 上，沿位移方向的作用力

[1] 本章 1.1~1.5 节中所说物体均可看成为质点。