

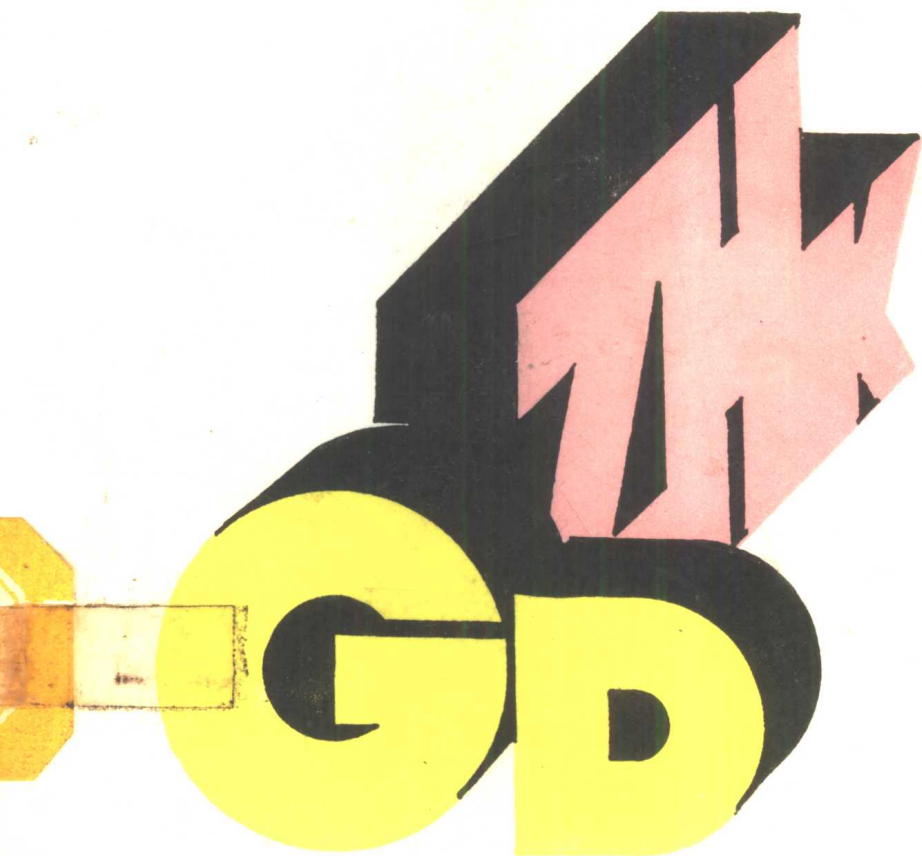
高等学校工程专科教材

物理学

李迺伯 主编

李迺伯 张世良 李寿松 郭呈祥 编

高等教育出版社



高等学校工程专科教材

物 理 学

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书系按国家教委1990年制订的《高等学校工程专科物理学课程教学基本要求》编写的,由国家教委高等学校工程专科物理课程教材编审组审定为全国高工专“物理学”通用教材。本书严格按照《基本要求》精选和组织内容,在“以应用为目的,以必需够用为度”的原则指导下,着重阐述物理学的基本规律,同时也注意到一定的知识覆盖面,编写中不追求缜密的推导和论证,着重讲清物理概念;对“基本要求”的重点和难点内容的阐述力求清晰、透彻,力求体现加强理论联系实际,强化应用的精神,重视物理理论在生产技术中应用知识的介绍;且在书中适当地渗入了近代物理的结论,辩证唯物主义的观点以及物理学方法论的内容。

本书按“基本要求”规定的讲授学时要求编写。不但可作为高等学校工程专科各专业的物理教材,也可用作职业大学、成人大学、电视大学的物理教材。亦适用于高等学校工程本科物理学课程少学时专业。

本书责任编辑 杨 祥

高等学校工程专科教材

物 理 学

李迺伯 主编

李迺伯 张世良 李寿松 郭呈祥 编

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

河北三河科教印刷厂印装

开本850×1168 1/32 印张14.25 字数370 000

1993年5月第1版 1993年5月第1次印刷

印数0 001—22 845

ISBN7-04-004163-4/O·1206

定价 5.30 元

前 言

1990年7月,国家教委高等学校工程专科物理课程教材编审组在长春制订了《高等学校工程专科物理学课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)。本书按此《基本要求》编写。它有如下特点:

1. 按《基本要求》精选和组织内容。在“以必需、够用为度”的原则指导下,着重阐述物理学的基本规律,并注意到一定的知识覆盖面。

2. 对重点和难点内容的阐述力求清晰、透彻。编写中不追求缜密的推导和论证,着重讲清物理概念,交代清楚物理结论,帮助学生建立形象的物理图景。

3. 加强理论联系实际,强化应用,是高等工程专科培养目标对教学的要求。本书重视物理学理论在生产技术中的应用。

4. 本书适当地介绍了近代物理学的结论。注意把辩证唯物主义的观点渗透于全书之中。

5. 本书在有关内容中采用了模型法、对比法、综合分析法近似计算法等。此类方法,有利于学生对物理规律的理解,节省授课学时和提高教学效果。也有利于训练学生的科学思维能力,便于学生自学。

本书用大体字排印者是《基本要求》规定的知识。此外,还用小体字排印了少量《基本要求》以外的内容,供学生阅读。

本书采用以国际单位制(SI)为基础的我国法定计量单位;物理学名词使用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年)的表述;按国家标准(GB)的规定表示物理量的符号和科学符号。

本书习题分三种形式:选择题、填空题和计算题。一个选择题中放入若干“答案”,学生根据它们思考、计算和比较,从中找

出正确的结果。一方面,通过比较各“答案”细微末节的差异,以增强学生的鉴别能力;另一方面,各“答案”给学生提供了思考的线索和途径。对初学者,也许这种作法好一些。

本书在编写和审稿过程中,得到国家教委的关心和高教出版社的支持;参加审稿工作的王殖东、郑伯坚、崔砚生、林铁生等四位教授和国家教委高等学校工程专科物理课程教材编审组的全体同志提出了许多宝贵意见;各编者所在学校亦给予了大力支持。此外,本书成稿后,吴永盛同志受高教社和国家教委高等学校工程专科物理课程教材编审组的委托,又认真仔细地审阅了全稿,提出了许多具体修改意见。对给编写本书以各种帮助的领导和同志,编者在此谨致衷心感谢。

本书编者为李迺伯(中国计量学院,编写绪论、第一章至第七章、附录)、张世良(北京联合大学自动化工程学院,编写第八章至第十章)、李寿松(扬州工学院,编写第十一章至第十四章)、郭呈祥(蚌埠高等专科学校,编写第十五章至第十八章)。由李迺伯主编,国家教委高等学校工程专科课程教材编审组组长佟恒智主审。

编者水平有限,疏漏错误之处,恳请指正。

编 者

1992年4月

目 录

绪论.....	1
---------	---

力 学

第一章 质点的运动.....	6
§ 1-1 质点 位置矢量	7
质点(7),位置矢量(7),位置矢量的直角坐标表示(8),	
运动学方程(8)	
§ 1-2 位移 路程	10
位移(10),路程(10),无穷小位移(11)	
§ 1-3 速度 速率	11
平均速度和平均速率(11),瞬时速度和瞬时速率(12),直角	
坐标系中的速度(13)	
§ 1-4 加速度	14
瞬时加速度(14),直角坐标系中的加速度(14),法向加速度	
和切向加速度(15)*牛顿运动定律分析(17),牛顿运动定律	
适用于处理 质点问题(18),牛顿第二定律的分量表示(18),	
计算举例(19)	
习题.....	21
第二章 功和能.....	25
§ 2-1 变力的功	25
直线运动中恒力的功(25),变力的功(25),功的计算举	
例(26),功率(28)	
§ 2-2 动能定理	29
质点的动能定理(29),质点系的动能定理(30)	
§ 2-3 势能	32
保守力(32),势能(33),重力势能(33),弹性势能(34)	
§ 2-4 功能原理	35

*能量守恒定律(36)

习题..... 36

第三章 刚体的定轴转动..... 41

§ 3-1 角速度和角加速度 41

角速度和角加速度(41), 一组公式(42)

§ 3-2 刚体转动的动能定理 44

力矩的功(44), 转动动能(45), 刚体转动的动能定理(46),
转动惯量(47)

§ 3-3 转动定律 50

刚体定轴转动的转动定律(50), 含有转动体的系统的计
算(51), 飞轮(53)

§ 3-4 角动量 54

角动量(54), 角动量定理(54), 角动量守恒定律(55)

习题..... 57

第四章 流体的运动..... 60

§ 4-1 描述流体流动的几个概念 60

速度场和定常流动(60), 流线和流管(61)

§ 4-2 连续性方程和伯努利方程 61

连续性方程(61), 伯努利方程(63)

§ 4-3 流动流体中的压强 65

文特利管(65), 静压和动压(66)

§ 4-4 伯努利方程的应用举例 68

文特利流量计(68), 雾化器(68), 水电站功率估算(69),
经典力学的局限(70)

习题..... 72

热 学

第五章 气体动理学理论..... 75

§ 5-1 理想气体的压强公式和温度公式 76

理想气体的状态方程(76), 宏观状态(77), 压强公式(78),

温度公式(80)	
§ 5-2 气体分子的速率分布	81
统计规律(81), 测定气体分子速率分布的实验(81), 速率分布函数的概念(83), 三种速率(85)	
§ 5-3 能量均分定理	85
自由度(86), 能量按自由度均分定理(87), 理想气体的内能(88)	
§ 5-4 真实气体	89
真实气体的等温曲线(89), 临界温度(90)	
习题	91
第六章 热量的传递	94
§ 6-1 热量 热流量	94
热量(94), 传导、对流和辐射(94), 傅里叶定律(96), 牛顿冷却定律(98)	
§ 6-2 热阻	98
热阻(98), 热阻的串联(99)	
习题	102
第七章 热力学定律	104
§ 7-1 热力学第一定律	104
过程和准静态过程(104), 热力学第一定律(105), 气体系统做功的公式(105)	
§ 7-2 热力学第一定律应用于理想气体的几个过程	106
等体过程(107), 气体的定体摩尔热容(107), 等压过程(108), 气体的定压摩尔热容(109), 等温过程(109), 绝热过程(110)	
§ 7-3 热机循环	112
循环和工作物质(112), 热机循环的效率(114), 卡诺循环(115)	
§ 7-4 制冷循环	117
制冷循环(117), 空调器和热泵(118), *两种制冷原理(119)	
§ 7-5 热力学第二定律	122

问题的提出(122), 热力学第二定律(122), 自然过程的方向性(123)

习题.....124

电 磁 学

第八章 静电场.....128

§ 8-1 电荷守恒定律 库仑定律129

电荷的量子化 (129), 电荷守恒定律(129), 点电荷 (129), 真空中的库仑定律(130)

§ 8-2 电场强度131

电场强度 (131), 点电荷的场强 (132), 场强叠加原理 (133), 电荷连续分布的带电体的场强(134)

§ 8-3 静电场的高斯定理139

电场线(139), 电通量(139), 高斯定理(142)

§ 8-4 电势146

静电场力作功的特点 (146), 静电场的环路定理 (147), 电势能 (148), 电势(148), 电势差(149), 电势的计算(149), 等势面(153), 静电场聚焦(154)

§ 8-5 电容 静电场的能量157

电容器(157), 电容(157), 电介质对电容器的影响(159), 带电电容器的能量(160), 静电场的能量(161), *静电应用(162)

§ 8-6 电介质164

电介质的极化(164), 电介质增大电容器的电容量(164), 电介质提高电容器的耐压能力(164), 铁电体(165), 压电效应(165), 电致伸缩效应(165), *石英晶体的压电效应(166)

习题.....168

第九章 稳恒磁场.....178

§ 9-1 磁感强度178

磁感强度(178), 毕奥-萨伐尔定律(180)

§ 9-2 磁场的高斯定理和安培环路定理183

磁感线 (183), 磁通量 (183), 磁场中的高斯定理(185), 安培环路定理(186), 螺线管(188)	
§ 9-3 磁场对运动电荷的作用	191
洛伦兹力(191), 磁聚焦(192), 霍耳效应(194), *安培力(196)	
§ 9-4 磁介质	197
磁介质的磁化 (197), 顺磁质和抗磁质 (197), 铁磁质 (198), 磁致伸缩(199), 磁记录 (199)	
习题	200
第十章 电磁感应	206
§ 10-1 电源的电动势	206
电源(206), 电源的电动势(207)	
§ 10-2 法拉第电磁感应定律	208
§ 10-3 动生电动势和感生电动势	211
动生电动势(211), 感生电动势(214), 电子感应加速器(215), 涡流的热效应(216), 涡流的磁效应 (216), 趋肤效应 (217)	
§ 10-4 自感 互感 磁场的能量	217
自感现象(217), 互感现象(219), 磁场的能量(220)	
习题	222

波 动 学

第十一章 振动基础	229
§ 11-1 简谐振动	229
弹簧振子(229), 简谐振动的运动规律(230)	
§ 11-2 简谐振动的特征量	232
振幅(232), 周期和频率、角频率(232), 相位和初相(234), 常量 A 和 φ 的确定(235), 简谐振动曲线(236)	
§ 11-3 旋转矢量法	239
§ 11-4 简谐振动的能量	242
§ 11-5 振动的合成	244
*振动的分解、频谱(246)	

习题	247
第十二章 波动基础	252
§ 12-1 机械波的产生和传播	252
机械波产生的条件(252), 横波和纵波(253), 波前和波线(253), 波长、波的周期和频率、波速(253)	
§ 12-2 平面简谐波波动方程	255
平面简谐波波动方程(255), 波动方程的物理意义(257)	
§ 12-3 波的能量 能流密度	261
波的能量(261), 能流密度(262)	
§ 12-4 惠更斯原理 波的干涉	263
惠更斯原理(263), 波的叠加原理(264), 波的干涉 (264), *驻 波与弦乐器(267)	
习题	270
第十三章 声波	275
§ 13-1 声强和声强级	275
声速(275), 声强和声强级(276), *声压和声压级(279)	
§ 13-2 声波的反射、透射和吸收	280
声波的衰减规律(280), 声波的反射、透射和吸收(282)	
§ 13-3 噪声及其控制	283
噪声的危害(284), 噪声的允许标准(284), 噪声的控制原则与 方法(285)	
§ 13-4 超声波及其应用	286
超声波的特性(286), 超声波的应用(287), *次声波及其应 用(288)	
习题	289
第十四章 波动光学	291
§ 14-1 光的电磁特性	291
光是电磁波(291), 平面简谐电磁波的波动方程 (293), 光矢 量、光强(293)	
§ 14-2 相干光	294

普通光源的发光特点(294), 相干光的获得(295)	
§ 14-3 杨氏双缝实验	296
§ 14-4 光程	299
光程(299), 光程差和相位差(300), 洛埃镜、半波损失 (301), 透镜的等光程性(302)	
§ 14-5 薄膜干涉	303
劈形膜(303), 牛顿环(307), 单层增透膜(309)	
§ 14-6 惠更斯-菲涅耳原理	312
光的衍射现象(312), 惠更斯-菲涅耳原理 (313), 菲涅耳衍射 和夫琅禾费衍射(314)	
§ 14-7 单缝衍射	314
§ 14-8 圆孔衍射 光学仪器的分辨率	319
夫琅禾费圆孔衍射(319), 光学仪器的分辨率(320)	
§ 14-9 衍射光栅	321
光栅(322), 光栅的衍射条纹(323), 衍射光谱(323)	
§ 14-10 自然光和偏振光	325
§ 14-11 起偏和检偏	327
偏振片、起偏和检偏(327), 马吕斯定律(328)	
§ 14-12 反射和折射时的偏振	330
反射光和折射光的偏振(330), 玻璃堆(331), *旋光现象、 旋光仪(332)	
习题	333

物理与新技术

第十五章 热辐射	341
§ 15-1 黑体辐射的实验规律	342
黑体(342), 单色辐出度 (343), 斯特藩-玻耳兹曼定律(344), 维恩位移律(345), 灰体和实际物体(345)	
§ 15-2 辐射测温	347
利用斯特藩-玻耳兹曼定律测温(347), 利用维恩位移律测温	

(318), *宇宙背景温度(313)	
§ 15-3 红外辐射	349
红外辐射的性质(349), 红外辐射应用举例(350), *从经典物理走向量子物理(354)	
习题	355
第十六章 激光	357
§ 16-1 激光的形成和特性	357
受激吸收(357), 自发辐射(357), 受激辐射和光放大(358), 受激吸收与受激辐射的关系(359), 粒子数布居反转(359), 光学谐振腔(360), 光振荡的阈值条件(361), 激光的特性(361)	
§ 16-2 常用激光器	362
氦氖激光器(362), 红宝石激光器(364), 二氧化碳激光器(365)	
§ 16-3 激光的应用	366
激光加工(366), 激光计量(367), 激光武器(368), *全息术(368)	
习题	370
第十七章 等离子体	372
§ 17-1 等离子体的性质	372
什么是等离子体(372), 等离子体密度(373), 等离子体温度(373), 等离子体振荡频率(374), 德拜长度(375), 外加电场中的等离子体(377), 外加磁场中的等离子体(377), 等离子体与电磁波的传播(377)	
§ 17-2 等离子体的应用简介	378
磁流体力学过程的应用(378), 等离子体热过程的应用(380), 等离子体化学过程的应用(381), 等离子体发光过程的应用(383), *受控热核聚变(383)	
习题	384
第十八章 传感器	386
§ 18-1 概述	386
非电量电测量(386), 传感器的共同特性(387)	
§ 18-2 电阻式传感器	389

应变式力敏传感器(389), 热敏传感器和湿敏传感器(392)	
§ 18-3 电容式 电感式 压电式传感器.....	393
电容式传感器(393), 电感式传感器(394), 压电式传感器(395)	
§ 18-4 光电式传感器.....	396
光电转换器件(396), 光电数字转速表(399)	
§ 18-5 频率式传感器.....	399
振弦型频率传感器(399)	
§ 18-6 光纤传感器.....	401
概述(401), 光纤传输原理简述(401), 光纤应变传感器(403), 光纤声传感器(404), 光纤磁场传感器 (404), 光纤射线传感 器(405), 光纤温度传感器(406), 光纤pH值传感器(407)	
习题.....	408
附录一 矢量代数简介.....	410
附录二 我国法定计量单位和国际单位制.....	418
附录三 基本物理常量.....	421
习题(计算题)答案.....	423
名词索引.....	429

绪 论

什么是物理学

物理学研究宇宙间物质存在的各种主要的基本形式，它们的性质、运动以及内部结构，从而认识这些结构的组元及其相互作用、运动和转化的基本规律。

早在公元前，阿基米德就发现了杠杆原理和浮力定律。他生动地描述杠杆的作用：“给我一个支点，我能移动地球。”物理学形成体系，成为一门学科，是在16世纪以后。17世纪，建立了牛顿力学；18世纪到19世纪，形成热学理论（包括经典统计物理和热力学），创立了法拉第-麦克斯韦统一的电磁理论；20世纪，物理学突破认识物质运动的经典模式，进入相对论和量子理论的时代。物理理论大体上分为两部分：20世纪以前的物理学成就属经典物理学或传统物理学。本世纪发展起来的以相对论和量子力学为支柱的物理理论归为近代物理学。

物理运动是宇宙中最普遍、最基本的运动形式。从宇宙天体到微观粒子，从接近光速的高速运动到远小于光速的低速运动，从无生命的物体到有生命的世界，没有物理学不涉足之处。物理学研究对象的普遍性，使得它成为其它自然科学的基础。化学与物理学交汇于原子和分子结构的领域。现代生物学发展到分子生物学的水平，已离不开物理学理论和物理学所提供的现代仪器设备。至于天文学，可以说，它实际是宇宙范围内的物理学。

时至今日，物理学成就辉煌。虽然我们对世界的认识永无止境，但是毕竟已揭示出许多基本的物理规律。物理学的这些成就，首先归功于实验。实验是科学知识的源泉，又是科学理论的检验者。当新发现的物理事实无情地违背旧有理论时，就导致新理论的诞生。这种情况，在物理学的发展过程中屡见不鲜。物理

学的发展为辩证唯物主义的认识论作出极有力的例证。物理学是人类精神文明的组成内容之一。

物理学与技术

今天，现代化的生产和人们的生活已经无法离开物理学。物理学的发展始终密切地联系着工程技术的实践。近四百年来，工业生产与物理学同步发展。生产技术的需要推动物理学进步。反过来，物理学又推动生产技术的革新，促进社会生产力的提高，改变人类社会的物质条件。物理学为人类的物质文明作出了巨大的贡献。

蒸汽机的发明和应用，推动了热力学理论的建立。在热力学理论的指导下，各种热机得以发展和完善。人类结束了单纯依靠人力和畜力作功的局面，掌握了向自然界大量索取能源的能力。借助自然能源，工业生产迅猛发展。

电磁学理论的发展，使人们学会了把其它形式的能量转化为电能的方法，也懂得怎样把电能转换为其它形式的能量。发电机、电动机、电灯、电话、各种电气控制装置相继出现，使工业生产的条件和手段发生了很大的变化。工业电气化使社会生产力跃上新的台阶。

物理学的研究深入到物质结构的微观领域，产生了量子理论。量子理论导致一系列新技术的出现，如半导体技术和激光技术。半导体技术出现后，以极快的速度更新换代，不仅使各种电子设备的体积大为缩小，功能提高，寿命延长，而且使电子计算机得以小型化、实用化，智能机器人得以开发。如果说，热机、电机大大加强了人类的力量，各种机器和机械延伸了人类的双手，那么，电子计算机则分担了人类的智力劳动，把人类的大脑从许多繁琐的计算、设计和管理工作中解放出来。

已有的物理理论是人类的宝贵财富，它的巨大潜力值得人们继续开发；物理学在实验中的新发现和理论上新突破，都可

能给社会带来极大的收益。例如，目前许多国家竞相研究的高温超导材料正在引起科学界和技术界瞩目。高温超导材料的最终成功，将会使电能的生产、传输、储存大为改观，在交通工具、精密计量、疾病诊断甚至可控热核聚变等许多方面带来深远的影响。

物理量和物理公式

物理量和物理公式是物理学描述物质结构、相互作用和运动规律时使用的专门语言。力、质量、能量、温度、电场强度…，都是物理量。物理学把客观世界抽象为许许多多物理量；自然界的物理规律则被抽象为联系物理量的物理公式。每一个物理量都被赋予严格、准确的含义。读者只有透彻地理解每个物理量的含义，进入物理领域才不会感到陌生，才能自由地进行抽象思维。

国家标准(GB3101-86)指出：“物理量是通过描述自然规律的方程以及(或)定义新量的方程而彼此相互联系的。”这里所说的方程就是常说的物理公式。对物理公式不可停留在数学关系上去认识它，应该理解它所包含的物理内容。上面引用的这段话表明，物理公式可分为：

(1) 物理量的关系式。例如

$$F = ma, \quad pV = \nu RT, \quad \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma q, \text{ 等.}$$

这一类公式建立了不同物理量之间的联系。例如 $F = ma$ ，是把质点的质量 m 、它所受的力 F 和因此而获得的加速度 a 这三个物理量之间在数量和方向上的关系用一个等式联系起来。

(2) 物理量的定义式。例如

$$\text{动量 } p = mv, \quad \text{功 } A = \int_i \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r},$$

$$\text{转动惯量 } I = \int_M r^2 dm, \quad \text{磁通量 } d\phi_m = B \cdot d\mathbf{S} \text{ 等.}$$