

内 容 简 介

本书属于教育部下达的“面向 21 世纪理科非物理专业基础物理教学与教材研究”项目,基础是作者在南京大学化学系用的讲义。

本书主要由力学篇、热学篇、电学篇、光学与量子物理篇组成,所涉及的是理科普通物理教学大纲要求的常规内容。另有探索篇,所涉及的是作者自己在理论物理方面的研究。

本书在取材和表述方面都有独到之处。编写时充分考虑了非物理类专业具有多样性这个因素。除了对于各专业来说都是最基本、最起码的内容以外,对于其他的“可有可无”、“可多可少”、“可深可浅”的知识点,都是采用分阶段、分层次表述的方法,便于任课教师根据专业特点、教学时数、学生的基础等因素灵活地取舍,因而本书可以成为多种专业都能使用的教材。

本书探索篇中提出了引-电统一场论,并在此框架内用逻辑方法导出了量子力学,对目前在量子力学领域内占主导地位的非决定论和在宇宙学领域内占主导地位的无中生有论提出了尖锐的批评。因此,该书对于从事理论物理、天体物理和哲学工作的人们来说,算得上是一种不多见的、应当受到重视的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

基础物理述评教程/潘根编著. —北京:科学出版社,2002.1
(高等院校选用教材)

ISBN 7-03-009929-X

I. 基… II. 潘… III. 物理学-高等学校-教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 083934 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 1 月 第 一 版 开本:720×1000 1/16

2002 年 1 月 第一次印刷 印张:54 3/4

印数:1—3 000 字数:1 038 000

定价:65.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

序

本书是作者近 40 年来教学和基础研究工作的总结。

物理教材的传统写法是以科学发现的历史顺序为线索,本书则是以科学本身的逻辑关系为线索。尽管历史顺序和逻辑顺序是大致一致的,但毕竟还是有区别的。不同经验定律之间的内在联系未必都是直接的,当它们之间的桥梁还未被发现的时候,人们就有可能误把相互关联的定律当做是彼此独立的。尽管某些“桥梁”后来被发现了,但“先入为主”造成的错觉却难以改变。

任何一种新的经验定律,如果不能提出新的基本量,那就很可能不是真正的基本定律。凭这种信念审查现有理论,终于发现:力学中的牛顿第二定律和第三定律,热学中的热力学第零定律和第三定律,电磁学中的磁场以及与磁场有关的全部经验定律,光学中的光见度函数,狭义相对论中的光速不变原理,广义相对论中的广义相对性原理,都是可以用逻辑方法导出的。

本书中主要的特殊内容是:在力学篇中提出时间定理,用能量观点处理广义相对论问题;在热学篇中提出统计力学基本微分方程,揭示熵增加原理的局限性;在探索篇中提出引-电统一场论,用逻辑方法导出量子力学,向大爆炸宇宙论挑战。

作为教材,不能不考虑可接受性,并且不能不考虑传统的影响,因而本书采用“述评”的格式。“述”是叙述传统的内容,处于正文地位,基本上保留着传统框架;“评”是作者的评论、注释、科学史料和研究心得,放在“插话”里。本书只要求学生根据专业需要掌握常规的内容,正文部分基本上能满足这种需要。本书是通过评论来揭示逻辑关系,不强加于人。

科学是不讲情面的,真理不是由权力和威望确定的。任何时代都有一些杰出人物被奉为真理的化身,但最终都证明了他们是“人”而非“神”。墨子、亚里斯多德、牛顿、爱因斯坦,有谁没有说过错话?他们都确实对人类作出过巨大贡献,无疑是历史的巨人。但他们没有自封为神,也没有把别人当做神。自古以来,神都是由人制造出来的。科学要对人类负责,不能提倡盲从,不能让所谓“公认”代替自己的洞察和思考。

本书如能对盲从、偏见和怯懦心态有所冲击,那就应当算是有了额外的收获。从素质教育角度看,这种额外的训练也许比正统的说教更为重要。

本教程的使用方法

本教程主要供理科非物理类专业使用,稍许补充内容后也可作为物理类专业的教学用书。

非物理类专业种类繁多,不同的专业对物理课有不同的要求,安排给物理课的教学学时数差异很大,不可能使用统一的教学大纲。但是,物理学本身的内容和逻辑体系不是由专业决定的,因而各种教学大纲的主干部分应当是相同的。

非物理类专业可被分为 A、B、C 三类, A 类是指对物理有较高要求的专业, B 类次之, C 类又次之。本书的正文部分是采用“立足于 A 类、兼顾 B 类和 C 类”的写法,也就是说,在广度和深度方面要保证 A 类的需要,同时又让基干部分集中在特定的章节里。因此,使用本教材时可以大刀阔斧地删节而不会损害基本内容的完整性和系统性,使 B 类、C 类也能使用。具体的用法实际上主要是由所给定的教学学时数决定的,大致有以下三种情况:

1) 如果教学学时在 144 以上,并且是安排在高等数学课后面,则正文中的内容基本上都可在课堂上讲授,标有星号者除外。这种方案要求学生能用高等数学处理问题,某些公式的较详细的数学推导过程可留一部分让学生自学。书中的“数学准备”是根据物理上的需要来选材的,多半已在数学课里学过,有无必要在物理课上复习一下,要根据多数学生实际掌握的情况来决定。

2) 如果教学学时为 108,则可把书中的“数学准备”理解为“附录”,不再属于教学大纲规定的内容,这时要用“跳过数学”的办法来讲授。本书在使用数学工具时有这样的特点:如果演绎过程较为繁琐,则多半是首先写出结论式,然后作补充论证;某些结论式未列在前面,多半是因为较容易推导,并且要在结论式上加上方框框以提请留意。因此,“跳过数学”的办法是可以行得通的。除了“跳过数学”以外,物理内容也得适当减少,要根据专业特点来取舍。

3) 如果教学学时为 72,则物理内容要精简百分之四十左右。最基本的物理概念和方法是在力学中,最实用的是电学,有限的学时要优先用在力学和电学上,其他内容可采用讲座的形式。

采用上述第二种和第三种方案时,书中未讲授的内容就似乎是多余的了,但可被视为“主要参考书”。大学生本来就应当读一点参考书,但是,非物理类专业毕竟不是以物理为主攻方向,读过多的物理参考书既无必要而又不切实际。本书中的未讲授的部分恰恰是能与教学内容结合得较紧密的部分,使学有余力的学生能够学得更深入一点,而又不必占用过多的课外时间。

本书中习题较少,类型不少。实际上包含“必做题”和“选做题”两大类,但故意

不用标记把两类题区分开来,这是希望学生把两类题都看一遍,由他们自己去鉴别.必做题都是基本题,是属于起码要求.必做题并不是不需要动脑筋就能完成,而是绝大多数人有能力在复习和参看例题之后通过独立思考来完成.选做题是综合性的或技巧性的,是为了培养和提高学生分析问题、灵活运用知识的能力,并非所有的学生都能独立完成,不宜强求完成.学生如果在思考了半小时以后仍感到摸不着头脑,那就该同别人讨论,做学问本来就该有学有问.对于多数学生来说,同类型的基本题只要有一两题就够了.如果要做到熟练,那就还应当从其他教科书或习题集里找一些题目.任课教师也可酌情补充一些基本题,但不宜再增加很多难题.

本书本来是供南京大学化学系二年级使用的.该系的老主任戴安邦院士认为:搞化学的人如果没有一点理论物理的根底,那就很难进入近代化学的前沿.他生前曾提议在化学系开一门综合性的理论物理课,但无法安排,所以决定在普通物理课中增加一点理论物理处理问题的方法.对于其他专业来说,理论物理部分未必是必要的,可以降低要求,甚至可以不提.

书中的各篇有相对的独立性,因而可以拆成几门较小的课,由几位教师分担.

书中的“插话”有一部分内容是属于科学史、方法论和注释,可以作为教学参考资料.另有一些是笔者个人在一些学术问题上的见解,特别是“探索篇”,基本上是反潮流的,不属于教学内容.凡属个人的见解,都已注明,以防误解为“公认”.

潘 根

2001年8月于南京大学

目 录

绪论	1
§1 物质世界	1
(一) 物质 空间和时间	1
(二) 物质世界的层次	1
(三) 物质间的相互作用	2
(四) 物质不灭原理	2
(五) 宇宙的无限性	4
§2 物理学	6
(一) 物理学的对象	6
(二) 物理学的产生和发展	7
(三) 物理量的量纲和数量级	10
(四) 物理学的意义	11

力 学 篇

第一章 数学准备	12
§1.1 常微分方程	12
(一) 微分方程	12
(二) 一阶常微分方程	13
(三) 常系数线性微分方程	19
§1.2 泰勒定理和欧拉公式	21
(一) 泰勒定理	21
(二) 欧拉公式	22
习题	23
第二章 质点运动学	25
§2.1 运动学概述	25
(一) 运动学和动力学	25
(二) 机械运动的分类	25
(三) 刚体和质点	25
(四) 力学体系的逻辑结构	26

§ 2.2 运动的相对性	27
(一) 参考系	27
(二) 惯性参考系	28
(三) 相对性原理	29
(四) 空间的物质性	29
* § 2.3 时间和时标	30
(一) 时间的实在性	30
(二) 广义相空间	30
(三) 时间定理	31
(四) 实用时标和光学时标	33
§ 2.4 质点运动的描述	35
(一) 位置和轨道	35
(二) 位移和路程	35
(三) 速度和速率	36
(四) 加速度	37
(五) 动势	37
§ 2.5 坐标系的运用	38
(一) 直角坐标系	38
(二) 平面极坐标系	42
(三) 自然坐标系	47
§ 2.6 相对运动	48
(一) 绝对运动、相对运动和牵连运动	48
(二) 相对平动	49
(三) 相对转动	52
习题	54
第三章 质点动力学	56
§ 3.1 基本定律	56
(一) 亚里斯多德对运动原因的解釋	56
(二) 伽利略的实物实验和思想实验	57
(三) 牛顿运动定律	57
* (四) 纯数学意义上的牛顿第二定律和第三定律	63
§ 3.2 常见的几种力	64
(一) 万有引力	64
(二) 弹性力	68
(三) 摩擦力	70
(四) 黏性力	72
§ 3.3 基本方法	73

(一) 分隔物体法	73
(二) 分组解题法	75
(三) 解题规范	78
§ 3.4 动量定理	79
(一) 质点的动量定理	79
(二) 质点组的动量定理	80
(三) 动量守恒原理	82
(四) 质心运动定理	83
§ 3.5 功和能	84
(一) 功	84
(二) 能	85
(三) 动能	86
(四) 势能	88
(五) 动能定理	90
(六) 功能定理	91
§ 3.6 碰撞	94
(一) 碰撞定律	94
(二) 弹性碰撞和非弹性碰撞	95
§ 3.7 非惯性参考系	96
(一) 平动加速参考系	96
(二) 转动参考系	97
习题	97
第四章 刚体力学	99
§ 4.1 刚体运动学	99
(一) 刚体的一般运动	99
(二) 定点转动和定轴转动	100
(三) 平面平行运动	101
§ 4.2 动量矩和转动惯量	102
(一) 动量矩	102
(二) 刚体的惯量张量	104
(三) 转动惯量的计算	105
§ 4.3 动量矩定理和转动定理	110
(一) 力矩	110
(二) 动量矩定理	112
(三) 转动定理	112
§ 4.4 功和能	115

(一) 力矩的功	115
(二) 刚体的动能	115
(三) 刚体的势能	116
§ 4.5 陀螺	117
(一) 陀螺的一般运动	118
(二) 回转效应	118
习题	119
第五章 流体力学	121
§ 5.1 流体静力学	121
(一) 流体内的静压强	121
(二) 重力场中的流体压强	122
(三) 帕斯卡原理	123
(四) 阿基米德原理	123
§ 5.2 理想流体的运动	124
(一) 连续性方程	124
(二) 伯努利方程	125
(三) 理论的应用	127
§ 5.3 实际流体的运动	128
(一) 牛顿黏性定律	128
(二) 泊肃叶公式	129
(三) 斯托克斯公式	131
(四) 雷诺数	132
习题	133
第六章 振动与波	135
§ 6.1 简谐振动	135
(一) 振动函数	135
(二) 简谐振动的运动学特征	136
(三) 简谐振动的动力学方程	138
(四) 简谐振动系统的能量	141
§ 6.2 摆的运动	141
(一) 单摆	141
(二) 复摆	142
§ 6.3 阻尼振动和受迫振动	143
(一) 阻尼振动	143
(二) 受迫振动	145
(三) 共振	147

§ 6.4 振动的合成	149
(一) 同方向的两种振动的合成	149
(二) 相互垂直的两种振动的合成	150
§ 6.5 波函数与波动方程	151
(一) 波函数	151
(二) 波动方程	153
§ 6.6 波的动力学方程	154
(一) 弹性绳中的横波	154
(二) 固体内的横波	155
(三) 固体内的纵波	156
(四) 液体内的纵波	156
(五) 气体内的纵波	157
(六) 重力场中液体的表面波	158
(七) 真空中的电磁波	159
§ 6.7 波的能量	160
(一) 能量密度	160
(二) 能流密度	161
§ 6.8 声波	161
(一) 声波的强度级	162
(二) 声压	162
§ 6.9 波的叠加	163
(一) 叠加原理	163
(二) 波的干涉	164
(三) 驻波	166
(四) 波的衍射	167
(五) 波的反射和折射	167
§ 6.10 多普勒效应与冲击波	168
(一) 多普勒效应	169
(二) 冲击波	170
习题	170
第七章 相对论力学	172
§ 7.1 狭义相对论的实验基础	172
(一) 布莱德雷实验	173
(二) 菲佐实验	173
(三) 迈克耳孙-莫雷实验	174
§ 7.2 狭义相对论的基本假设	175
(一) 相对性原理	175

(二) 光速不变原理	175
§ 7.3 因果律与洛伦兹变换	179
(一) 因果律	179
(二) 洛伦兹变换	181
(三) 速度的变换	187
(四) 对实验的解释	187
(五) 因果律对速度的限制	188
§ 7.4 长度和时间的相对性	190
(一) 运动尺的收缩	190
(二) 运动钟的变慢	191
§ 7.5 质点力学的四维表述	192
(一) 质点运动学的四维表述	192
(二) 质点动力学的四维表述	194
* § 7.6 广义相对论新论	197
(一) 广义相对论的基本假设	197
(二) 本地量和视在量	201
(三) 引力效应因子	203
(四) 视在四维线元	208
(五) 运动方程 行星近日点的进动	208
(六) 多普勒红移与引力红移	211
(七) 引力场的透镜效应	215
(八) 黑洞	217
(九) 视在超光速效应	218
习题	218

热 学 篇

第一章 数学准备	220
§ 1.1 排列和组合	220
(一) 全排列	220
(二) 选排列	220
(三) 组合	221
§ 1.2 高斯函数和概率积分	221
(一) 高斯函数	221
(二) 概率积分	221
§ 1.3 伽玛函数和斯特林公式	223

(一) 伽玛函数	223
(二) 特殊数的阶乘	223
(三) 斯特林公式	224
§ 1.4 全微分	226
(一) 全微分条件	226
(二) 拉格朗日乘子	227
(三) 勒让德变换	228
习题	229
第二章 热力学基础	230
§ 2.1 热学概述	230
(一) 热之本性	230
(二) 热学系统	232
(三) 状态参量和状态函数	233
(四) 热学的研究方法	234
(五) 热力学的逻辑体系	234
§ 2.2 热力学第零定律 温度	235
(一) 平衡态	235
(二) 热力学第零定律	236
(三) 喀拉氏温度定理	236
(四) 温标和温度计	238
(五) 物态方程	239
(六) 过程方程	240
(七) 物态方程的测定	241
§ 2.3 热力学第一定律 内能	244
(一) 第一类永动机	244
(二) 热力学第一定律	244
(三) 热力学第一定律的特例	246
(四) 用焓描述的热力学第一定律	246
(五) 热容与比热	247
(六) 热容量的计算	248
(七) 理想气体的热容和内能	250
§ 2.4 等值过程	252
(一) 处理等值过程的一般步骤	252
(二) 理想气体的等值过程	253

§ 2.5 循环过程	258
(一) 正循环和逆循环	258
(二) 卡诺循环	260
§ 2.6 热力学第二定律 熵	261
(一) 第二类永动机	261
(二) 热力学第二定律的表述	262
(三) 卡诺定理	263
(四) 开尔文温标	266
(五) 克劳修斯不等式	268
(六) 熵定理	269
(七) 广义熵问题	271
(八) 熵的计算	274
(九) 宇宙热寂问题	275
§ 2.7 热力学基本微分方程及其推论	277
(一) 热力学基本微分方程	277
(二) 热力学函数	278
(三) 过程的方向与平衡判据	279
(四) 麦克斯韦关系式	283
(五) 特性函数	285
(六) 热力学函数与物态方程之间的关系	287
§ 2.8 热力学第三定律 绝对熵	288
(一) 热力学第三定律	288
(二) 热容的低温极限	292
(三) 绝对熵	293
(四) 能斯特定理的导出	294
(五) 等体压强系数和等压膨胀系数的低温性质	294
习题	295
第三章 统计力学基础	297
§ 3.1 分子模型	297
(一) 分子的点阵模型	297
(二) 两种自由度	298
(三) 分子力	300
(四) 分子的球化模型	301
§ 3.2 微观态的描述	303

(一) 相空间	303
(二) 微观相貌和分布方式	305
(三) 等概率原理 热力学概率	307
(四) 热力学概率级	308
(五) 系统的内能	308
(六) 多元系的内能和热力学概率	309
§ 3.3 基本理论	310
(一) 基本定律	310
(二) 近平衡条件	311
(三) 统计力学基本微分方程	312
(四) α 、 β 、 γ 和 S 的物理意义	313
(五) 平衡态的微分方程	314
(六) 分布函数	316
(七) 统计平均值	317
§ 3.4 经典统计分布	318
(一) 麦克斯韦-玻尔兹曼分布律	318
(二) 简并态的分布律	320
* § 3.5 量子统计简介	321
(一) 量子统计的问世	321
(二) 费米-狄拉克分布	322
(三) 玻色-爱因斯坦分布	323
(四) 量子统计的经典近似	325
§ 3.6 理想气体	325
(一) 玻尔兹曼公式的用法	325
(二) 麦克斯韦速度分布律	326
(三) 麦克斯韦速率分布律	328
(四) 几种特殊的速率	329
(五) 物态方程	332
(六) 分子按势能的分布律	333
(七) 能量均分原理	334
(八) 系统的内能	335
§ 3.7 真实气体	336
(一) 克劳修斯方程	336
(二) 赫恩方程	337

(三) 范德瓦耳斯方程	337
(四) 狄特里奇方程	340
* (五) 对范德瓦耳斯方程的修正	340
§ 3.8 碰撞频率与自由路程	342
(一) 碰撞频率	342
(二) 自由路程	344
(三) 分子按自由路程的分布	345
§ 3.9 输运问题	346
(一) 输运现象的宏观规律	346
(二) 输运现象的微观图像	347
* § 3.10 配分函数的应用	351
(一) 配分函数的对数	351
(二) 内能和广义力的计算	352
(三) 混乱度(熵)的计算	353
(四) 热力学微分方程的导出	353
习题	354

电 学 篇

第一章 数学准备	356
§ 1.1 矢量分析	356
(一) 标量场和矢量场	356
(二) 标量场的等值面和梯度	357
(三) 矢量场的通量和散度	358
(四) 高斯定理	360
(五) 矢量场的环量和旋度	361
(六) 斯托克斯定理	363
(七) 无旋场和无散场	364
(八) 格林定理	364
§ 1.2 狄拉克函数	365
(一) 狄拉克函数的定义	365
(二) 狄拉克函数的筛选性质	366
(三) 狄拉克函数的特例	366
习题	367

第二章 基本规律	368
§ 2.1 电磁学概述	368
(一) 电磁学的产生和发展	368
(二) 基本假设和逻辑体系	369
§ 2.2 电荷与电流	370
(一) 电荷	370
(二) 电流	373
(三) 电荷守恒原理	374
(四) 电荷-电流连续性方程	375
(五) 基尔霍夫第一定律	375
§ 2.3 静电力和静电场	376
(一) 库仑定律和叠加原理	377
(二) 电场强度	378
(三) 静电环路定理	379
(四) 静电标量势	380
(五) 基尔霍夫第二定律	381
(六) 电场的高斯定理	382
(七) 泊松方程和拉普拉斯方程	384
(八) 例题	384
§ 2.4 总电流和磁场	390
(一) 位移电流和总电流	391
(二) 磁场的导出 毕奥-萨伐尔定律	393
(三) 磁场的高斯定理	396
(四) 磁路的基尔霍夫第一定律	397
(五) 磁场的环路定理·安培环路定理	398
(六) 磁矩	399
(七) 例题	400
§ 2.5 电磁力与电磁感应	404
(一) 磁场力 安培定律	404
(二) 洛伦兹电磁力	407
(三) 电场的环路定理 法拉第电磁感应定律	408
§ 2.6 电磁场方程组	411
(一) 麦克斯韦方程组	411
(二) 矢量势和标量势	412

(三) 洛伦兹条件和洛伦兹方程	412
(四) 解的惟一性定理	417
* § 2.7 相对论性电动力学	418
(一) 光速不变原理	418
(二) 四维空间的偏导数算符	419
(三) 四维电流与连续性方程	420
(四) 洛伦兹条件和洛伦兹方程的四维表述	420
(五) 电磁场张量	421
(六) 麦克斯韦方程组的四维表述	422
(七) 洛伦兹电磁力密度的四维表述	423
(八) 理论体系的自治性	423
习题	425
第三章 导体和介质	426
§ 3.1 导体 电阻	426
(一) 自由电荷和束缚电荷	426
(二) 静电场中的导体	427
(三) 微分欧姆定律	427
(四) 欧姆定律	429
(五) 电阻率的测量和电阻的计算	431
§ 3.2 电介质 电容	435
(一) 介质的极化	435
(二) 极化强度的高斯定理	436
(三) 电位移及其高斯定理	438
(四) 电场的边界条件	440
(五) 电容的计算	442
§ 3.3 磁介质 电感	444
(一) 介质的磁化	445
(二) 磁化强度的环路定理	445
(三) 磁场强度的环路定理	446
(四) 磁路的基尔霍夫第二定律	449
(五) 磁场的边界条件	450
(六) 电感的计算	451
§ 3.4 电磁波	454
(一) 介质中的电磁波	455

(二) 导体中的电磁波	456
(三) 色散和吸收	459
§ 3.5 电磁场的动量和能量	460
(一) 处理动量和能量问题的思路	460
(二) 电磁场受到的两种力	461
* (三) 电磁场的动量和应力	463
(四) 电磁场的能量和能流	466
* § 3.6 电荷的自能和辐射	467
(一) 电荷的自能	467
(二) 电荷的辐射场	468
(三) 辐射阻尼	474
习题	477
第四章 电路基础	479
§ 4.1 电路的基本元件	479
(一) 阻抗类元件 特性方程	479
(二) 电压源和电流源 电源的等效变换	483
§ 4.2 电路的基本定律	487
(一) 基尔霍夫定律及其实用形式	487
(二) 电路的独立方程	491
§ 4.3 电路的计算	495
(一) 支路电流法	495
(二) 环路电流法	499
* (三) 节点电压法	502
(四) 辅助方法	504
§ 4.4 正弦交流电路	511
(一) 正弦信号及其复数表示法	511
(二) 阻抗和导纳 广义欧姆定律	512
(三) 谐振电路	517
(四) 电功率	520
(五) 品质因素—— Q 值	525
§ 4.5 变压器耦合电路	525
(一) 变压器及其特性方程	525
(二) 变压系数和耦合系数	527
(三) 变压器耦合电路	529