

物理学 概念·公式 及计算

WULIXUEGAINIAN
GONGSHIJIJISUAN

吴洪才 刘本鸿 张国强 编



陕西科学技术出版社

物理学概念·公式及计算

吴洪才 刘本鸿 张国强 编

陕西科学技术出版社

物理学概念·公式及计算

吴洪才 刘本鸿 张国强 编

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街 131 号)

陕西省新华书店发行 国营五二三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 21.75 字数 461,000

1982 年 12 月第 1 版 1982 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—13,000

统一书号: 7202·38 定价: 2.70 元

前 言

长期以来，由于工作上的需要，手头迫切需要一本概念性强且又简明扼要的物理工具书。但是一般的物理手册只侧重于数据、图表等。如果将一些基本的物理量的概念、定义，公式、单位与单位换算和常用的数据、图表结合起来，对于科技工作者参考将是有较大的帮助。我们就是怀着这样一个心情来尝试这一工作的。

本书的内容包括了力、热、声、光、电（电场、电路）磁、原子、原子核物理以及狭义相对论等。但只侧重于概念的阐述以及基本公式的应用。在内容编排上争取做到系统性、完整性。力求使得它对于有关各种非物理专业的工程技术人员、大学师生以及中学教师都可以参考。

物理学单位问题是一个复杂的问题，特别是电磁学单位，本书也注意到这个问题。在介绍物理量公式的时候，都列出了各量的单位。全书主要使用国际单位制。

本书是以《物理计算手册》(Hand book of physical calculation) (J. J. Tuma, 1976 年 McGrawHill Co) 一书为蓝本，适当增删部分内容，增加第九章以后的全部内容。

在编写本书的过程中得到赵恒元教授、江慰德副教授、胡时岳、徐廷相、倪德辉、何卓烈等讲师的帮助和审阅。他们对本书提出许多宝贵的意见。对此，我们表示衷心的感谢。

DAG 36/13

由于我们的水平有限，时间又仓促，错误一定不少，希望读者批评指正。

编 者

一九八一年三月·西安

目 录

第一章 物理计算基础

1-1 物理量和单位 [1] 定量测量 (1) 基本单位和导出单位 (1)

1-2 国际单位制 [2] 制度的建立 (2) 国际单位制的单位 (3)

1-3 标量和矢量 [5] 定义 (5) 标量的表示 (5) 矢量的表示 (5)

1-4 数值计算 [5] 物理量的运算 (5) 有效数字 (6) 有效数字的取法 (7) 数值误差 (7)

1-5 几种常用的计算法则 [10] 代数近似法 (10) 超越近似法 (11) 内插法 (12)

第二章 刚体静力学

2-1 静力学的基本概念 [14] 定义 (14) 长度的量度 (14) 角的量度 (15) 坐标系统 (16)

2-2 静力 [17] 定义和单位 (17) 静力的特性 (18) 力的分解 (19)

2-3 静力矩 [22] 定义和单位 (22) 静力矩的特性 (23) 力矩的分解 (25) 解析关系 (26)

2-4 力系 [27] 定义 (27) 共面力系的分类 (28) 空间力系的分类 (29)

2-5 共面力系 [30] 共面汇交力系 (30) 共面平行力

系 (33) 共面一般力系 (35)

2-6 空间力系 [38] 空间汇交力系 (38) 空间平行力系 (41) 空间一般力系 (42)

2-7 分布力 [45] 面力 (45) 表面的静态作用 (46) 垂直表面力的静态作用 (49) 体力 (49) 体的静态作用 (50)

2-8 摩擦 [53] 基本概念 (53) 摩擦的几个规律 (53) 摩擦的参数 (53) 水平面摩擦 (54) 斜面摩擦 (55) 对称劈摩擦 (57) 非对称劈 (58) 圆盘与支架的摩擦 (58) 螺旋摩擦 (59)

第三章 刚体动力学

3-1 质点运动学 [61] 基本概念 (61) 时间的概念和单位 (61) 直线运动 (一般情况) (62) 直线运动 (特殊情况) (64) 圆周运动 (一般情况) (68) 圆周运动 (特殊情况) (70)

3-2 质点动力学 [74] 牛顿定律 (74) 万有引力 (75) 质量单位 (76) 力的单位 (76) 重力、自由落体运动 (77) 斜向抛射 (80) 常力、直线运动 (83) 常力、圆周运动 (85) 摩擦、水平直线运动 (90) 摩擦、斜面直线运动 (92)

3-3 刚体运动学 [95] 定义与分类 (95) 纯转动 (一般情况) (95) 纯转动 (特殊情况) (98) 平面运动 (一般情况) (101) 平面运动 (特殊情况) (103)

3-4 刚体动力学 [106] 重力和质量密度 (106) 质心和重心 (107) 惯性作用 (110) 线动量和冲量 (113) 对心碰撞 (114) 角动量和冲量 (117) 运动方程 (119) 圆盘、

柱体和球的滚动 (121)

3-5 功、能、功率 [124] 力的功 (124) 力矩的功 (126) 动能 (127) 位能 (130) 能量守恒与散逸 (132) 功率 (134)

3-6 简单机械 [135] 定义与分类 (135) 杠杆的应用 (136) 定与不定轴滑轮 (137) 斜面的应用 (139)

第四章 材料力学

4-1 固体 [142] 固体的结构 (142) 固体的形态 (142) 因果关系 (143) 变形特性 (144)

4-2 机械试验 [144] 分类与定义 (144) 拉伸试验 (145) 拉伸应力应变曲线 (一般情况) (145) 拉伸应力应变曲线 (特殊情况) (146) 拉伸试验的观察 (147) 压缩试验 (148)

4-3 线弹性 [148] 纯拉伸和压缩 (148) 纯剪切 (151) 体拉伸和压缩 (153)

4-4 弹性均匀梁 [155] 分类与定义 (155) 应力合成 (157) 弯曲应力 (157) 剪应力 (160) 弹性曲线 (161)

4-5 弹性均匀轴 [163] 分类和定义 (163) 应力合成 (164) 圆轴扭应力 (165) 圆轴的变形 (167)

第五章 流体力学

5-1 流体的性质 [169] 分类和定义 (169) 质量——体积关系 (170) 重量——体积关系 (170) 比重 (170) 粘滞性 (171) 压强 (173)

5-2 流体静力学 [174] 静流体压强 (174) 压强的测量 (176) 平面压力 (178) 曲面压力 (180) 浮力 (183) 内聚、粘滞和毛细管作用 (186)

5-3 流体动力学 [188] 分类与定义 (188) 液流的类型 (189) 在平动容器中的液体 (189) 在旋转容器中的液体 (191) 流体运动的基本方程 (192) 孔口出流 (196)

5-4 管中流体 [200] 分类与定义 (200) 管中的层流 (202) 管中的湍流 (204) 管路中的水头损失 (205) 非圆形截面 (207)

5-5 明渠的液流 [208] 分类与定义 (208) 流体流动的类型 (210) 稳定均匀流 (211) 堰 (213)

5-6 涡轮机械 [215] 射流的作用 (215) 分类与定义 (219)

第六章 热力学和气体分子运动

6-1 热和温度 [221] 基本概念 (221) 温标 (221) 各种温标的关系 (222) 热的度量 (224) 热容量 (224) 相变 (225)

6-2 理想气体 [227] 分子的质量 (227) 气体定律 (228) 气体常数 (229) 比热和热容量 (232) 气体动力学理论 (233)

6-3 温度体积的变化 [236] 固体的热膨胀 (236) 液体的热膨胀 (238) 气体的热膨胀 (239)

6-4 传热 [240] 传热方式 (240) 通过均匀介质的热传导 (240) 通过多层介质的热传导 (242) 热对流 (243) 热辐射 (244) 综合热传导 (247)

6-5 热力学 [248] 分类和定义 (248) 热力学第一定律 (250) 热力学第二定律 (256) 卡诺循环 (257)

6-6 热机 [260] 奥托循环 (260) 狄塞耳循环 (262) 布莱顿循环 (263) 兰金循环 (263) 逆兰氏循环 (264)

第七章 振动与声学

7-1 机械振动 [266] 基本概念(266) 机械模型(266)
自由直线振动 (268) 弹簧振子的能量 (270) 强迫直线振动
(271) 阻尼自由直线振动(273)大阻尼自由直线振动(275)
强迫阻尼直线振动 (277)

7-2 波动力学 [279] 基本概念 (279) 机械波 (280)
正弦波 (281) 波动的几何表示 (282) 驻波 (284) 弹性直
梁 (285) 波动方程 (287) 波的能量和能流 (288)

7-3 一般声学[290]声音的本质[290]声速(290)振动的气柱 (292)

7-4 可听声学 [294] 可听声的强度 (294) 可听声的
分类 (295) 音响效应 (297) 超声波 (300)

第八章 光 学

8-1 波动光学 基本概念与定义 [301] 光学分类
(301) 光的性质 (301) 辐射度量学的基本概念 (303) 光
度学 (304)

8-2 光的干涉、衍射和偏振 [310] 光的波动特性
(310) 光的干涉 (310) 光的衍射 (315) 光的偏振 (318)

8-3 几何光学 [319] 基本原理 (319) 光的反射
(319) 光的折射 (321) 折射率和波长 (322) 内反射和折
射 (324)

8-4 反射镜 [327] 平面镜 (327) 球面镜 (328)

8-5 透镜 [333] 几何结构 (333) 会聚透镜 (333) 会
聚透镜成象 (336) 发散透镜 (337)

8-6 复合透镜 [338] 基本概念 (338) 共轴球面镜系

统的组合 (339)

第九章 电 磁 场

9-1 场的数学表示 [341] 数量场(341) 矢量场(343)
势量场(位矢场) (346)

9-2 曲线坐标 [350] 一般曲线坐标 (350) 球面坐标
(353) 柱面坐标 (355)

9-3 静电学基本概念 [356] 电子、质子和中子(356)
电荷 (356) 库仑定律 (357)

9-4 电场 [359] 电场 (359) 电力线和电通量 (362)
电位 (366) 电容 (369) 平行板电容器 (370) 常用电容器
(371) 电场能 (373)

9-5 磁的基本概念 [374] 磁力(374) 库仑定律(375)
磁场 (376) 磁力线、磁矩和磁通 (377)

9-6 电流周围的磁场 [379] 长直导线 (379) 两根平
行长直导线的磁场 (381) 短直导线 (381) 磁场形成的几种
特殊情形 (382) 载流导线的相互作用力 (384) 磁场中的力
和力矩 (386)

9-7 电磁感应 [389] 基本概念 (389) 自感 (392) 互
感 (394) 磁场的能 (395) 物质的磁性质 (396)

9-8 交变电磁场 [397] 电场与磁场的关系 (397) 电
磁场的基本方程 (398) 麦克斯韦方程式的微分形式在几种
坐标系中的表示 (399) 电磁波的产生 (401) 电磁波的性质
(401) 电磁波谱 (402) 电磁波的能流密度 (405)

9-9 电磁学的单位制 [406] MKSA 单位制 (406) 高
斯单位制 (406)

第十章 电路基础

10-1 直流电 [412] 电荷的运动 (412) 电流密度 (413) 欧姆定律 (413) 电动势、电功率和电能 (414) 电阻率 (416)

10-2 直流电路基础 [417] 分类和定义 (417) 基尔霍夫定律 (421)

10-3 直流电路计算 [424] 电阻的并联 (424) 并联电阻与电阻串联 (425) 星形和三角形接法 (429) 叠加原理 (432) 互易原理 (433) 含源二端网络定理 (435)

10-4 交流电路基础 [437] 基本概念 (437) 正弦交流电的功率 (440) 正弦交流电的相位 (441) 交流电路中的电阻、电容和电感 (443) RC 电路——稳态 (445) RL 电路——稳态 (446) RLC 电路——稳态 (447)

10-5 符号法 [449] 表示形式 (449) 阻抗和导纳 (451) 串联交流电路 (452) 并联交流电路 (454)

10-6 基本交流电路 [455] 记号 (455) 串联组合 (457) 并联组合 (459) 串联—并联组合 (463) 并联—并联组合 (467)

第十一章 半导体三极管电路

11-1 半导体三极管 [470] 定义与分类 (470) 放大原理 (471) 三极管特性 (472) 半导体管特性参数 (475) 半导体管参数 (常用) 符号 (479)

11-2 半导体三极管放大电路 [480] 三极管低频放大器的概念和定义 (480) 常用偏置电路 (482) 低频放大器的分析方法 (482) 几种常见交流放大器的基本单元及其分析方法 (487) 负反馈放大器 (487) 差动放大器 (496)

第十二章 原子物理学

12-1 原子物理学的研究对象 [499]

12-2 氢原子的结构理论 [499] 原子结构 (499) 索末菲椭圆轨道, 量子条件和量子数 (502) 索末菲相对论修正 (507) 电子自旋 (508)

12-3 多电子原子的结构 [509] 基本概念 (509) 碱金属原子光谱的规律性 (510) 碱金属原子的能级 (511)

12-4 原子的电子壳层结构 [513] 元素周期表 (513) 原子的电子壳层结构 (514)

12-5 伦琴射线 [523] 定义和分类 (523) 伦琴射线的特性 (523) 连续伦琴光谱和线状伦琴光谱 (523)

第十三章 原子核物理学

13-1 原子核物理学的研究对象 [525]

13-2 原子核的基本性质 [525] 原子核及其电荷、质量和成份 (525) 原子核的大小 (526) 原子核的角动量 (527) 原子核的磁矩 (527) 原子核的结合能 (528) 核力 (528)

13-3 原子核的结构模型 [529] 费米气体模型 (529) 液滴模型 (529) 壳层模型 (530) 综合模型 (530)

13-4 放射蜕变 [531] 放射衰变及其规律 (531) 放射性强度 (532) 放射系 (533) α 蜕变 (538) β 衰变 (539) γ 射线 (539) 原子核的能级 (541) 辐射剂量 (543)

13-5 核反应 [546] 核反应及其规律 (546) 反应能 (547) 反应截面 (547) 原子核反应机制 (549) 中子 (550) 核共振 (550) 高能核反应 (551) 裂变反应 (552) 聚变反应 (555)

13-6 宇宙射线与基本粒子 [556] 宇宙射线 (556) 基

本粒子 (558)

第十四章 狭义相对论

14-1 狭义相对论的基本概念 [564] 基本概念 (564)
狭义相对论的二个基本假设 (565)

14-2 洛伦兹变换 [566] 洛伦兹变换的表达式 (566)
四维速度与加速度 (566) 四维动量 (567)

14-3 电磁场的变换 (568)

附 录

- 附表 1 气体、液体、固体的介电常数 ϵ (569)
附表 2 非金属材料及部分液体的电阻率 (571)
附表 3 金属和合金的电阻率 ρ (572)
附表 4 各种材料的硬度 (574)
附表 5 液体的表面张力 (577)
附表 6 各种温度下水的表面张力 (580)
附表 7 液态金属的表面张力 (581)
附表 8 气体的物态变化 (582)
附表 9 液体的物态变化 (584)
附表 10 固体的物态变化 (586)
附表 11 空气、氢气在不同温度和气压下的定压比热 c_p (589)
附表 12 氮气、氧气在不同温度和气压下的定压比热 c_p (591)
附表 13 气体的热导率 k (593)
附表 14 部分物质的平均燃烧热 (594)
附表 15 气体的热力学常数 (596)
附表 16 液体的热力学常数 (599)
附表 17 固态金属的热力学常数 (601)
附表 18 非金属固体的热力学常数 (605)
附表 19 气体和液体的平均折射率 n_m (608)

- 附表 20 各种玻璃的折射率 (612)
- 附表 21 水的折射率 (613)
- 附表 22 金属抛光面对垂直入射光的反射系数 μ_r (614)
- 附表 23 气体、液体和固体中的声速 v_L (615)
- 附表 24 地球的数据 (618)
- 附表 25 太阳的数据 (619)
- 附表 26 月球的数据 (619)
- 附表 27 地球各地的重力加速度 (620)
- 附表 28 某些气体在温度为 0°C 和 1 个标准大气压下的密度 (622)
- 附表 29 某些固态金属的密度 (625)
- 附表 30 某些液态金属的密度 (626)
- 附表 31 某些液体的密度 (627)
- 附表 32 普通固体、矿物的密度 (630)
- 附表 33 某些工业合金的密度 (632)
- 附表 34 国产干电池特性 (634)
- 附表 35 国产半导体器件型号命名方法 (640)
- 附表 36 常用晶体二极管的主要特性 (642)
- 附表 37 常用国产锗 PNP 型高频中、小功率晶体三极管的主要特性 (646)
- 附表 38 常用国产锗 PNP 型低频中、小功率晶体三极管的主要特性 (654)
- 附表 39 常用国产硅 NPN 型高频中、小功率晶体三极管的主要特性 (660)
- 附表 40 常用国产硅 NPN 型低频中、小功率晶体三极管的主要特性 (668)
- 附表 41 各种元素的同位素的丰度 (672)
- 附表 42 物理常数表 (680)

第一章 物理计算基础

1-1 物理量和单位

1. 定量测量

一个未知的物理量和一个同种定为标准的量作比较的过程，叫做计量。这个定为标准的量叫做单位。例如，以米作标准来测量长度，“米”就是长度的单位。

一个物理量 Q 的大小是用无量纲因数 N 和定义为单位 u 的乘积来表示的，即

$$Q = N \cdot u$$

例如：电压 12 伏特，

$$N = 12, u = \text{伏特}.$$

2. 基本单位和导出单位

(1) 单位的产生：各种各样的测量单位（如米、公斤、摄氏度等）并不是由自然来规定，而是人类选择的产物（各个国家的规定以及国际的统一规定）。

(2) 分类：物理量有两种，一种是基本类型（如长度、质量、时间、温度等），另一种是由基本物理量经推导得出的导出类型（如体积、功、功率等）。相应的单位也有两种：基本单位和导出单位。

(3) 单位制：较为常用的单位制有三种：米制（米、公

斤、秒制)，国际单位制* (SI, *Système International*) 以及英美等使用英语的国家所采用的英制单位制**。

(4) 单位转换因数：同一物理量的两种不同单位，可以利用单位转换因数来进行换算。

例：1英尺 = 0.3048 米

反过来 1 米 = 3.2808 英尺

1-2 国际单位制(SI)

1. 制度的建立

(1) 规定：在1960年第十一届国际计量大会上，将米制规定为国际单位制，简称为SI，并在各种语言中使用。

(2) 建议：建议出席这次国际会议的成员国在科学、技

*1948 年第九届国际计量大会 (C、G、P、M) 根据其决议 6，责成国际计量委员会 (C、I、P、M) “研究制定一整套计量单位规则”，“为此，开始征询所有国家科学技术与教育界的意见”，并“对建立一种所有米制公约签字国都能接受的实用计量单位制提出建议。”

同届大会还通过了制定单位代号的一般原则的决议 7，这个决议列出了一个单位、专门名称表。

1954 年第十届国际计量大会根据其决议 6 和 1971 年第十四届国际计量大会根据其决议 3 决定采用以下七个量，长度，质量，时间，电流强度，热力学温度，物质的量和发光强度的单位为“实用单位制”的基本单位。

1960 年第十一届国际计量大会按照其决议 12，把这种实用计量单位制的名称定为国际单位制。国际代号为 SI (法文 *Système International* 的缩写)，并制定了词冠，导出单位和辅助单位的规则以及其他规定，从而制定了一整套计量单位的规则。

**目前绝大部分工业发达的国家都积极推广国际单位制，原来采用英单位制的国家大部分已决定放弃英制，采用或准备采用国际单位制，不少国家宣布在不长的时间内完成向国际单位制的过渡。