

大学物理学手册

DAXUE
WULIXUE
SHOUCE

山东科学技术出版社

大学物理学手册

陈鹏万 主编

陈鹏万 杨楚良
马伯福 王家俭 刘克哲 编

山东科学技术出版社

一九八五年·济南

内 容 提 要

本书按照物理学的分类分为力学、热学、电磁学、光学、量子物理和固体物理学五部分，包括基础物理学的主要定律、定理的含义和表述，物理量的定义和单位，物理学常数、数据和图表，单位制的细则和换算关系，以及重要物理实验的原理和方法等。本书反映了整个基础物理学的基本内容，每个条目本身又具有一定的独立性和完整性。因此，既便于读者查找有关资料，又可作为系统学习物理学的参考书。适用于物理学工作者、科技人员和理工科大学学生参考，也可供中等学校物理教师查阅。

大 学 物 理 学 手 册

陈鹏万 主编

陈鹏万 杨楚良 刘克哲 编
马伯福 王家俭

*

山东科学技术出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 22.5 印张 6 插图 707 千字

1985 年 9 月第 1 版 1985 年 9 月第 1 次印刷

(精)定价 5.25 元 印数: 1—25900

(平)定价 4.45 元 印数: 1—19700

书号 13195·116

前 言

物理，是重要的基础学科。随着科学技术的发展，物理学日益广泛地深入到多种技术部门和学科领域，显示出它的重要作用。在实际工作中，许多读者经常需要查阅某些物理概念的确切含义，某种物理规律的正确表述，以及某个物理常数的数值和单位。为了满足广大读者的需要，我们编写了这本工具书。

本书是以当代大学物理课程为主要内容，按照物理学的通常分类，分为力学、热学、电磁学、光学、量子物理和固体物理学五部分。本书的章节顺序是依照物理学自身的条理编排的，因而反映了整个基础物理学的系统性；从总体内容上看，它们包含基础物理学的主要定律、定理的含义和表述，物理量的定义和单位，物理学的常数、数据和图表，一些重要物理问题的处理方法，单位制及其换算关系，也叙述了物理学中重要实验的原理和方法，因而概括了整个基础物理学的基本内容；从条目的范围上看，它们约有70%属于普通物理的范围，理论物理部分约占30%，因而本书可适于较广泛的读者。书中的每个条目具有一定的独立性和完整性，便于读者查阅有关物理资料，而且可以作为具有一定基础知识的读者进一步系统学习物理学的参考书。适用于物理学工作者、科技人员和理工科大学学生工作和学习中参考，也可供中等学校物理教师查阅。

一九八三年十月

目 录

综 述

物理学	1	广义相对论	5
经典物理学和近代物理学	1	光学	5
宏观和微观	2	几何光学	5
力学	3	波动光学	6
理论力学	3	近代光学	6
分析力学	3	傅里叶光学	6
热学	3	原子物理学	6
分子物理学	3	原子核物理学	6
热力学	3	量子力学	6
统计物理学	4	粒子物理学	7
电磁学	4	结晶学	7
电动力学	4	固体物理学	7
狭义相对论	5		

I 力 学

第一章 质点运动学

§ 1·1 一般概念	9	匀速直线运动	11
运动学	9	速率	11
质点	9	匀变速直线运动	11
空间与时间	9	平均加速度	11
长度与时间标准	9	瞬时加速度	11
机械运动	10	匀变速直线运动的基本公式	11
参考系	10	重力加速度	12
坐标系	10	自由落体运动	12
§ 1·2 直线运动	10	垂直上抛运动	12
直线运动	10	§ 1·3 平面曲线运动	13
平均速度	10	平面曲线运动	13
瞬时速度	10	矢径	13
		路程	13
		位移	13

速度矢量	13
矢端速度	13
加速度矢量	13
速端速度	14
平行四边形法则	14
速度在坐标系内的分解	15
加速度在坐标系内的分解	16
匀速率圆运动	17
§ 1.4 抛体运动	17
平抛运动	17
斜抛运动	18
安全抛物线	19
第二章 质点动力学	
§ 2.1 牛顿力学定律	20
动力学	20
牛顿第一定律	20
惯性	20
惯性质量	20
质量标准	20
惯性参考系	20
力	20
弹簧秤	20
牛顿第二定律	20
力的单位	20
重力	21
重量	21
基本单位和导出单位	21
单位制	21
量纲	22
牛顿第三定律	22
万有引力	22
引力质量	22
正压力	22
摩擦力	22
弹性力	23
弹性限度	23
隔离法	23

法向力与切向力	23
§ 2.2 伽利略相对性原理	23
伽利略变换	23
伽利略相对性原理	24
“绝对”速度	25
相对速度	25
牵连速度	25
§ 2.3 非惯性系	25
非惯性系	25
平动非惯性系内的惯性力	25
惯性离心力	25
切向惯性力	26
科里奥利力	26
落体偏东	26
佛科摆	26
贝尔定律	26
§ 2.4 功与能	26
功	26
功率	27
千瓦小时	27
重力作的功	27
弹性力作的功	27
万有引力作的功	27
保守力	27
势能差	27
势能的相对性	28
势能	28
势能梯度	28
势能曲线	28
动能	29
动能定理	29
机械能	29
功能原理	29
机械能守恒原理	29
非惯性系内的功能原理	29
宇宙速度	29
§ 2.5 动量定理	29

冲量与动量·····	29	质点系动量矩定理·····	37
动量定理·····	30	质点系受的惯性力·····	37
动量守恒原理·····	30	参考系的选择·····	37
§ 2·6 动量矩定理·····	30	§ 3·2 碰撞·····	37
力对定轴的力矩·····	30	碰撞·····	37
力对定点的力矩·····	30	对心碰撞·····	37
力对过定点的任一轴的力矩·····	31	斜碰撞·····	37
质点对定轴的动量矩·····	31	完全弹性碰撞·····	37
质点对定点的动量矩·····	31	非完全弹性碰撞·····	38
质点对过定点的任一轴的动量矩·····	31	恢复系数·····	38
动量矩定理·····	32	非完全弹性正碰后的速度·····	38
动量矩守恒原理·····	32	恢复系数的测量·····	38
§ 2·7 有心力·····	32	无弹性碰撞·····	38
有心力·····	32	实验室参考系和质心参考系·····	38
等面积原理·····	32	§ 3·3 变质量问题·····	39
有心力问题的基本方程·····	32	变质量系统的运动方程·····	39
毕内公式·····	32	火箭的运动·····	40
开普勒行星运动定律·····	33	§ 3·4 定轴刚体的运动·····	40
有心力作用下的轨道·····	33	刚体·····	40
第三章 质点系和刚体力学		刚体的质心·····	40
§ 3·1 质点系力学定理·····	34	刚体的重心·····	40
质点系·····	34	刚体定轴转动·····	41
质点系的质心·····	34	角位移·····	41
质点系的动量·····	34	角速度矢量·····	41
质心运动定律·····	34	角加速度矢量·····	41
质点系动量定理·····	35	角速度矢量的合成·····	41
质点系动量守恒原理·····	35	定轴刚体的匀变速转动·····	42
质点系的动能·····	35	线位移·····	42
质点系的势能·····	35	线速度·····	42
质点系的机械能·····	36	线加速度·····	43
质点系的动能定理·····	36	§ 3·5 刚体定轴转动定律·····	43
质点系功能原理·····	36	转动惯量·····	43
两体问题·····	36	几种对称刚体对定轴的转动惯量·····	43
折合质量·····	36	平行轴定理·····	44
质点系对定轴的动量矩·····	36	垂直轴定理·····	44
		转动定律·····	45

转动刚体的动能	45
刚体的重力势能	45
力矩的功	45
转动动能定理	45
刚体对轴的动量矩	45
定轴转动的动量矩定理	45
复摆	46
等值长与可倒摆	46
打击中心	46
§ 3·6 平面平行运动	47
刚体平面平行运动	47
平动与转动	47
瞬时中心	47
纯滚动	47
平面平行运动的速度	47
平面平行运动的动能	48
滚动摩擦	48
平面平行运动的运动方程	48
刚体平面平行运动参考系的选 择	49
§ 3·7 刚体静力学	49
刚体静力学	49
刚体的平衡	49
两力平衡条件	49
力偶	49
力偶矩	49
三力平衡条件	49
共面汇交力系	49
共面力系的平衡	49
力的移动	50
刚体受力的简化	50
平衡的稳定性	50
§ 3·8 刚体的定点转动	51
定点转动	51
对称刚体	51
回转仪	51
进动	51

进动角速度	51
回转力矩	52
格柳埃定则	52
回转仪的角速度	53
回转仪的动量矩	53
常平架	53
章动	53

第四章 振 动

§ 4·1 谐振动	55
振动	55
谐振动	55
周期	55
频率	55
振幅	56
圆频率	56
振动速度	56
振动加速度	56
位相和初位相	56
旋转矢量	56
振动的超前与落后	57
弹簧振子	57
单摆	57
初始条件	58
谐振子的能量	58
§ 4·2 阻尼振动	59
欠阻尼振动	59
对数减缩	59
品质因素	60
过阻尼运动	60
临界阻尼	60
§ 4·3 强迫振动	60
强迫振动	60
共振	61
§ 4·4 振动的合成与分解	61
振动的叠加原理	61
振动的分解	62

两个同方向同频率的谐振动的合成	62
同位相与反位相	62
合振动加强与削弱的条件	62
拍	63
§ 4·5 两个垂直振动的合成	63
两同频率振动方向互相正交的谐振动的合成	63
两频率不同且互相正交的谐振动的合成	65

第五章 机械波

§ 5·1 弹性介质的性质	66
连续介质	66
弹性介质	66
形变种类	66
张应变与张应力	66
体应变与体应力	67
切应变与切应力	67
切应变与张应变的关系	67
泊松比	68
胡克定律	68
长变弹性势能密度	68
切变弹性势能密度	69
扭摆	69
弹性模量与泊松比的关系	70
§ 5·2 机械波	70
机械波	70
简谐波	70
横波与纵波	70
波的频率与波长	70
相速与波速	70
等相面与等幅面	71
波动方程	71
单频平面波方程	71
产生机械波的条件	71

行波	72
沿任意方向传播的平面波方程	72
平面波方程的复指数表示式	72
反射波方程	73
球面波方程	73
弦线上横波的波速	73
弹性介质中的波速	73
特征阻抗	74
阻抗匹配	74
反射系数	74
透射系数	74
波的能量	75
波强度	75
定态波场	75
§ 5·3 驻波	76
波的叠加原理	76
驻波	76
波在固定端上的反射	77
半波损失	77
波在自由端上的反射	77
两端固定之弦的振动	77
中心固定之杆的振动	77
一端固定之杆的振动	78
开管与闭管	78
§ 5·4 声	78
声波	78
声速	78
音量	80
音色	80
音调	80
声强	80
声强级	80
多卜勒效应	80
电磁波的多卜勒效应	81

第六章 流体力学

§ 6·1 流体静力学	82
流体	82

流体静力学	82
静止流体内部的压强	82
液体平衡条件	83
浮力	83
阿基米德原理	83
§ 6.2 理想流体的稳恒流动	83
流体的内摩擦	83
流体的压缩性	83
理想流体	83
理想流体的稳恒流动	83
稳恒流动流体内的压强	83
流线	83
流管	84
流量	84
连续原理	84
理想流体稳恒流动的动量定理	84
伯努利方程	85
小孔流速	85
流速计	85
§ 6.3 粘滞流体的运动	86
层流	86
粘滞系数	86
泊肃叶公式	86
长管的管阻与管导	87
长管的串并联	87
斯托克斯公式	87
湍流	88

第七章 分析力学

§ 7.1 虚功原理	89
约束	89
自由度	89
广义坐标	89
约束反力	89
虚位移与实位移	90
虚功	90
理想约束	90
虚功原理	90
达朗伯—拉格朗日方程	91
§ 7.2 拉格朗日方程	91
拉格朗日方程	91
保守系统的拉格朗日方程	92
简正振动	92
§ 7.3 哈密顿正则方程	93
勒让特变换	93
哈密顿函数	94
哈密顿正则方程	94
哈密顿函数的意义	95
循环坐标	95
泊松括号	95
泊松括号的性质	96
§ 7.4 哈密顿原理	97
哈密顿原理	97
正则变换	97

II 热 学

第一章 热和温度

§ 1.1 热	99
热	99
热运动	99
热现象	99
热质说	99
热能	99

§ 1.2 状态和温度	100
状态	100
平衡状态	100
状态参量	100
物态方程	100
热动平衡	101
热接触	101

热平衡	101	理想气体的压强公式	111
热力学第零定律	101	阿伏伽德罗定律	111
温度	101	洛喜密脱常数	112
§ 1.3 温标和温度计	101	阿伏伽德罗常数	112
温标	101	玻耳兹曼常数	112
热力学温标	101	道尔顿分压定律	112
摄氏温标	101	自由度	112
华氏温标	102	分子的自由度	112
理想气体温标	102	能量按自由度均分定理	112
温度计	103	§ 2.4 气体分子按速度和 能量的分布	113
气体温度计	103	气体分子速率分布函数	113
液体温度计	104	麦克斯韦速率分布律	113
§ 1.4 热膨胀	104	速率分布曲线	113
热膨胀	104	气体分子的平均速率	114
固体的热膨胀	104	气体分子的方均根速率	114
膨胀系数	104	气体分子的最可几速率	114
线膨胀系数	104	麦克斯韦速度分布律	115
体膨胀系数	105	速度空间	115
第二章 气体分子运动论		分子按能量的分布律	115
§ 2.1 概述	107	分子按势能的分布律	115
气体分子运动论	107	在重力场中微粒按高度的分布 律	116
布朗运动	107	等温气压公式	116
理想气体	107	分子射线	116
实际气体	108	斯特恩实验	117
标准状况	108	葛正权实验	117
§ 2.2 理想气体的状态描 述	108	伽耳顿板	117
波义耳—马略特定律	108	密勒—库士实验	118
盖·吕萨克定律	108	§ 2.5 气体的迁移过程	119
查理定律	109	分子的有效直径	119
理想气体状态方程	109	分子碰撞截面	119
普适气体常数	109	分子的平均自由程	119
混合理想气体状态方程	110	分子的碰撞频率	119
§ 2.3 理想气体的压强公 式和温度的涵义	110	分子按自由程的分布	120
气体分子的平均平动动能	110	气体的迁移过程	120
温度的涵义	111	气体的粘滞现象	120

气体的热传导现象	121
气体的扩散现象	121
§ 2.6 非理想气体的状态	
方程	121
非理想气体	121
范德瓦耳斯方程	121
昂尼斯方程	122
第三章 液体中的分子现象	
§ 3.1 液体的表面张力	124
分子力	124
分子力作用半径	124
分子力作用球	124
液体的表面层	124
液体的表面能	124
液体的表面张力	125
表面张力系数	125
表面活性物质	125
§ 3.2 弯曲液面的附加压	
强	126
弯曲液面的附加压强	126
球状液面的附加压强	126
任意弯曲液面的附加压强	126
§ 3.3 与固体接触处的	
液体表层性质	127
液体的附着层	127
附着力	127
内聚力	127
接触角	127
浸润现象	127
不浸润现象	128
弯月面	128
§ 3.4 毛细现象和渗透	129
毛细管	129
毛细现象	129
朱伦公式	129
渗透	129

半透膜	129
渗透压强	129
第四章 热力学定律	
§ 4.1 系统和过程	131
热力学系统	131
热力学过程	131
准静态过程	131
p-V 图	131
循环	132
态函数	132
§ 4.2 热力学第一定律	132
热量	132
热传递	132
热传导	132
对流	133
热辐射	133
卡	133
热功当量	133
焦耳实验	133
作功	133
系统的内能	134
热力学第一定律	135
第一类永动机	135
§ 4.3 热容量	136
热容量	136
摩尔热容量	136
比热	136
定容热容量	136
焓	137
定压热容量	137
理想气体的热容量	137
§ 4.4 焦耳—汤姆孙效应	138
焦耳—汤姆孙效应	138
绝热节流过程	139
焦耳—汤姆孙系数	139
正焦耳—汤姆孙效应	139
负焦耳—汤姆孙效应	139

转换温度	139	热力学基本关系式	151
§ 4.5 热力学第一定律对 理想气体的应用	140	§ 4.9 自由能和吉布斯函 数	151
等容过程	140	自由能	151
等压过程	140	最大功原理	152
等温过程	140	吉布斯函数	152
绝热过程	141	化学势	153
多方过程	141	§ 4.10 热力学第三定律	153
理想气体热力学过程的主要公 式	141	能斯特热定理	153
§ 4.6 热机及其效率	143	热力学第三定律	153
热机	143	绝对零度	153
热机的效率	143	绝热去磁	154
热源	143	绝对熵	155
卡诺循环	143		
奥托循环	144	第五章 相 变	
狄塞尔循环	144	§ 5.1 关于相变的一般概念	156
致冷机	144	相	156
致冷系数	145	相变	156
逆向卡诺循环	145	一级相变	156
逆向斯特林循环	145	二级相变	156
§ 4.7 热力学第二定律	145	元	156
可逆过程	145	相变潜热	156
不可逆过程	146	相平衡	157
热力学第二定律	146	相平衡曲线	157
第二类永动机	147	克拉珀龙方程	157
卡诺定理	147	相律	158
克劳修斯等式	147	§ 5.2 气液相变	158
克劳修斯不等式	147	汽化	158
§ 4.8 熵	148	汽化热	158
熵	148	蒸发	158
广义熵	149	沸腾	159
熵增加原理	149	沸点	159
热寂说	149	汽化核	160
T—S 图	149	过热液体	160
理想气体的熵	150	暴沸	160
		蒸气	160
		饱和蒸气	160

饱和蒸气压	160	必然事件	170
过饱和蒸气	161	随机事件	170
湿度	161	几率	170
绝对湿度	161	归一化条件	171
相对湿度	162	统计平均值	171
露点	162	涨落	172
凝结	162	§ 6·2 玻耳兹曼统计	173
凝结核	162	玻耳兹曼统计	173
范德瓦耳斯等温线	163	近独立粒子	173
麦克斯韦等面积法则	163	μ 相空间	173
临界状态	164	相格	173
临界系数	164	系统的微观态	174
汽化曲线	165	系统的宏观态	174
§ 5·3 固液相变	166	等几率原理	174
熔解	166	热力学几率	175
熔解热	166	玻耳兹曼分布律	175
熔点	166	玻耳兹曼分布的配分函数	175
凝固	166	玻耳兹曼关系	176
凝固点	167	§ 6·3 系综理论	176
结晶	167	Γ 相空间	176
过冷度	167	统计系综	177
冰点	167	微正则系综	177
熔解曲线	167	刘维定理	178
§ 5·4 固气相变	168	各态历经假说	178
升华	168	微正则分布	178
升华热	168	吉布斯正则分布	179
凝华	168	巨正则分布	180
升华曲线	168	§ 6·4 量子统计	181
三相点	168	费密子	181
三相图	168	玻色子	181
第六章 统计物理概述		费密—狄拉克统计	181
§ 6·1 统计方法的基本概		费密—狄拉克分布	181
念	170	玻色—爱因斯坦统计	181
		玻色—爱因斯坦分布	181

Ⅱ 电 磁 学

第一章 静电场

§ 1.1 电荷 物质的电结构	183	电势差	191
摩擦起电	183	零电势	191
电荷	183	电势叠加原理	191
电量	183	等势面	192
物质的电结构	183	电场强度与电势间的关系	192
导体	184	真空中的静电场方程	192
绝缘体	184	§ 1.5 静电场中的导体	193
半导体	184	静电场中导体的基本性质	193
自由电荷	184	导体的面电荷与场强的关系	193
束缚电荷	184	尖端放电	193
点电荷	184	导体空腔内的电场与电荷分布	193
库仑定律	184	静电屏蔽	194
绝对静电单位制	185	高压带电作业	194
库仑扭秤	186	范德格喇夫静电起电机	194
库仑	186	§ 1.6 电容器	195
§ 1.2 电场 电场强度	186	电容器	195
电场	186	电容器的电容	195
静电场	186	电容器的串联与并联	196
电场强度	186	电容器所储藏的电能	197
场强叠加原理	187	静电计	197
体电荷密度	187	静电起电机	198
面电荷密度	187	§ 1.7 静电场中的电介质	199
线电荷密度	187	电介质	199
几种常用电荷分布的场强公式	187	电介质的极化	199
§ 1.3 高斯定理	188	无极分子与有极分子	199
电力线	188	位移极化与取向极化	199
电通量	188	极化强度矢量	199
高斯定理	189	退极化场	200
§ 1.4 静电场的环流定律		极化率	200
电势	190	介电常数	200
静电场的环流定律	190	介电强度	201
电势能	190	压电效应	201
电势	190	驻极体	202
		铁电体	202

电位移矢量	202
§ 1.8 介质中的静电场方程	202
介质中的高斯定理	202
静电场的边值关系	202
静电场的势方程及其边值关系	203
静电场的唯一性定理	203
求解静电场的分离变量法	204
电象法	205
格林函数法	205
§ 1.9 电多极矩	206
电偶极子	206
电四极子	207
电势的多极展开	207
§ 1.10 电荷系的能量	207
电荷系的总能量	207
点电荷之间的相互作用能	208
电荷体系在外电场中的能量	208
电偶极子在外电场中受的力与力矩	208
第二章 稳恒电流	
§ 2.1 电流强度 电流密度	209
电流强度	209
安培	209
电流密度矢量	209
电流的连续方程	210
稳恒电流	210
§ 2.2 欧姆定律	210
欧姆定律	210
电阻	211
电导	211
电阻率与电导率	211
超导体	213
电阻的串并联	214
惠斯通电桥	214
电位差计	215

§ 2.3 电功率 焦耳定律	215
电功率	215
焦耳定律	216
§ 2.4 电源 电动势	216
电源	216
电动势	216
标准电池	216
干电池	217
蓄电池	217
§ 2.5 复杂电路的解法	218
基尔霍夫定律	218
回路电流法	219
戴维宁定理	219
诺尔顿定理	219
叠加定理	219
Δ -Y电路的等效代换	219
§ 2.6 温差电现象	220
汤姆孙效应	220
珀尔帖效应	220
塞贝克效应	220
§ 2.7 电子发射	222
热电子发射	222
二次电子发射	222
场致发射	222
光电发射	222
朗缪尔公式	222
理查逊公式	222
§ 2.8 气体导电	223
气体的被激导电	223
气体的自激导电	223
帕邢定律	223
电晕放电	224
火花放电	224
弧光放电	224
辉光放电	224
等离子体	225

第三章 稳恒磁场

§ 3.1 磁场 磁感应矢量	226
磁体	226
磁极	226
地磁	226
地磁要素	226
磁倾角	226
磁偏角	226
地磁极	226
磁场	226
磁感应强度矢量	226
§ 3.2 毕奥—萨伐尔定律	227
毕奥—萨伐尔定律	227
直电流所产生的磁场	228
圆电流在轴上产生的磁场	228
螺线管轴线上的磁场	229
亥姆霍兹线圈	229
磁矩	229
§ 3.3 安培定律	229
安培定律	229
载流平面线圈在外磁场中所受的力矩	229
绝对电磁单位制	229
高斯单位制	230
MKSA 制	231
§ 3.4 磁场的高斯定理	
与安培环路定律	231
磁感应线	231
磁通量	231
磁场的高斯定理	231
安培环路定律	232
§ 3.5 洛仑兹力	232
洛仑兹力	232
回旋加速器	232
电子的荷质比	233
§ 3.6 磁介质	234

磁介质	234
磁介质的磁化	234
分子电流	234
磁化强度矢量	234
磁化强度与磁化电流的关系	234
磁场强度	234
磁化率	235
磁导率及相对磁导率	235
顺磁质	235
反磁质	235
铁磁质	236
磁化曲线	236
起始磁导率与最大磁导率	236
磁滞现象与磁滞回线	236
磁滞损耗	238
软磁与硬磁	238
磁能积	240
铁氧体	240
居里温度	241
磁畴	241
磁致伸缩	241
磁路定律	241
§ 3.7 稳定磁场方程 边界条件	241
稳定磁场方程	241
稳定磁场的边界条件	242
磁场的矢势方程	242
稳定磁场的唯一性定理	242
磁标势法	243
§ 3.8 磁场的能量和能量密度	243
稳恒磁场的能量	243
磁能密度	244
§ 3.9 磁偶极子的场及其在外磁场中受的作用力	244
磁偶极子的场	244
磁偶极子在外场中的相互作用	