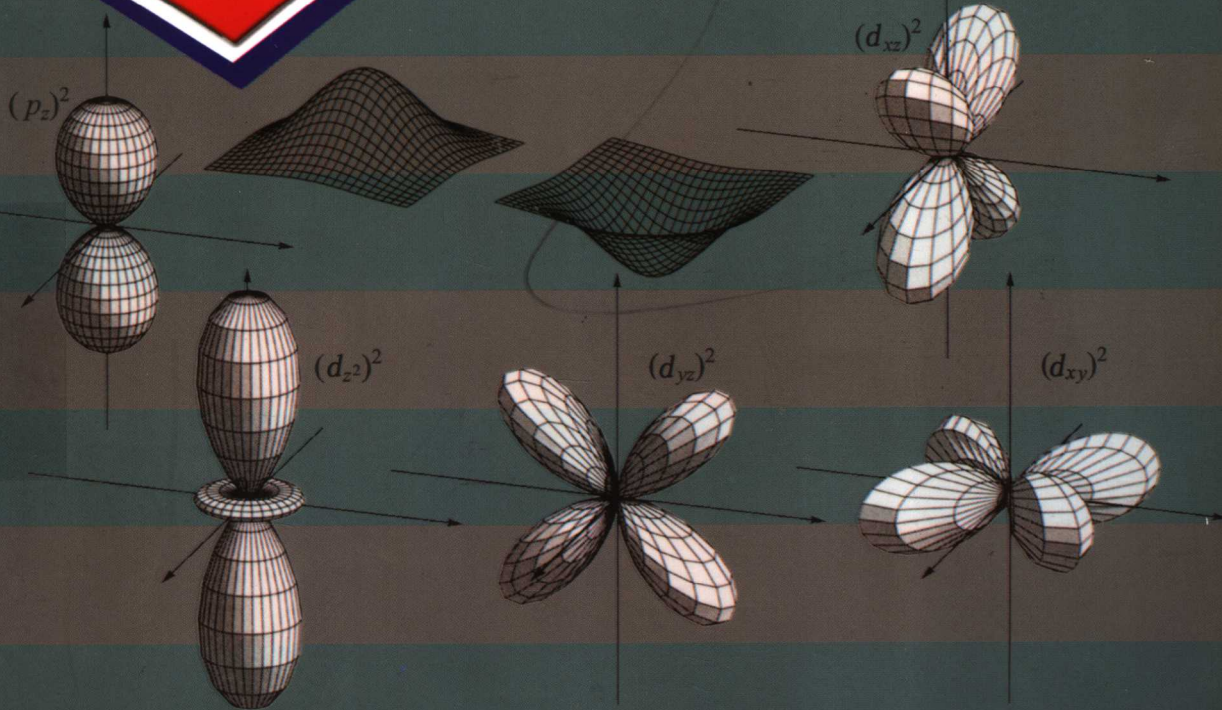


# THE CAMBRIDGE HANDBOOK OF PHYSICS FORMULAS

[英]格雷厄姆·沃安 编著 喀兴林 译

## 剑桥物理公式手册

上海科技教育出版社



04-62

10

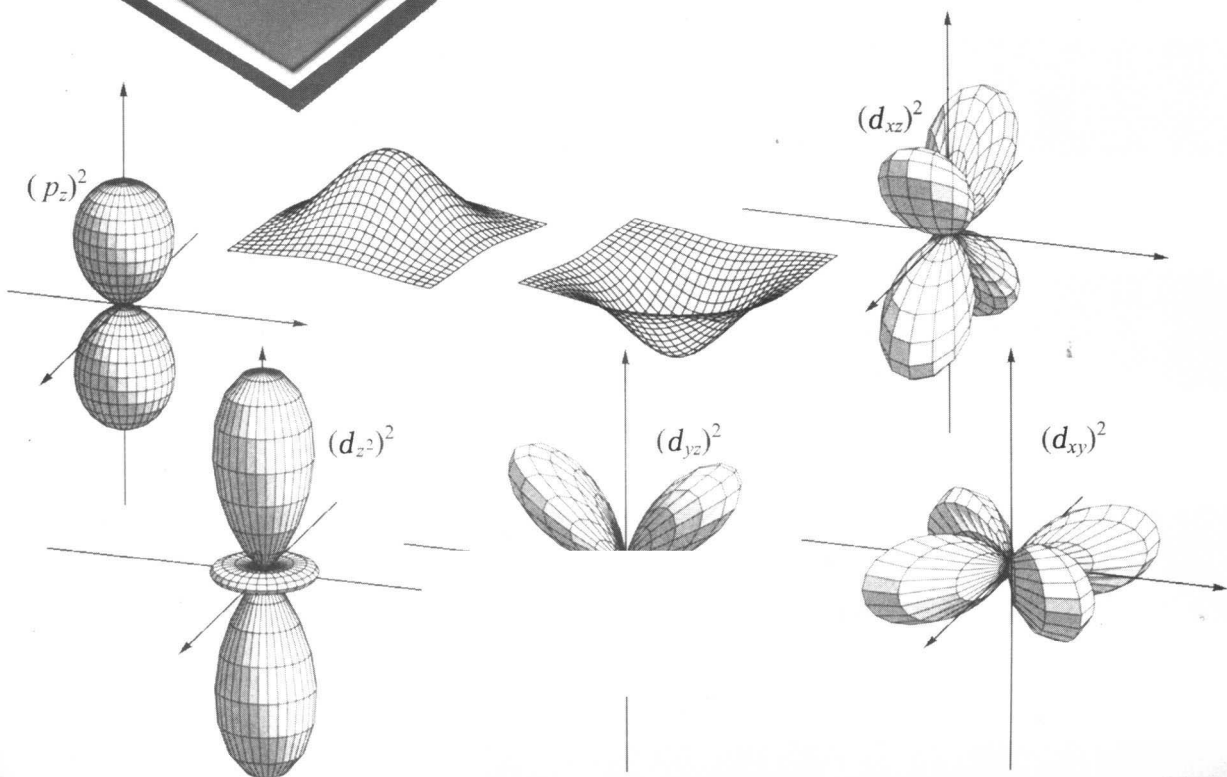
2006

# THE CAMBRIDGE HANDBOOK OF PHYSICS FORMULAS

[英]格雷厄姆·沃安 编著 喀兴林 译

## 剑桥物理公式手册

上海科技教育出版社



# **The Cambridge Handbook of Physics Formulas**

by Graham Woan

Published by Cambridge University Press

Copyright © 2000 by Cambridge University Press

First published 2000

Reprinted 2001, 2002

Reprinted with corrections 2003

Simplified Chinese translation copyright © 2006

by Shanghai Scientific & Technological Education Publishing House

Published by arrangement with Cambridge University Press

**ALL RIGHTS RESERVED**

上海科技教育出版社业经 Cambridge University Press

授权取得本书中文简体字版版权

责任编辑 潘 涛 郑华秀

装帧设计 桑吉芳

## **剑桥物理公式手册**

[英]格雷厄姆·沃安 编著

喀兴林 译

---

出版发行 上海世纪出版股份有限公司

上海科技教育出版社

地 址 上海市冠生园路393号

邮政编码 200235

网 址 [www.ewen.cc](http://www.ewen.cc)

[www.sste.com](http://www.sste.com)

经 销 各地新华书店

印 刷 上海华成印刷装帧有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 17.25

插 页 1

版 次 2006年8月第1版

印 次 2006年8月第1次印刷

印 数 1—5000

I S B N 7-5428-4150-5/O·472

图 字 09-2004-111号

定 价 35.00元

## 内容简介

《剑桥物理公式手册》是为物理和工程领域的学生及专业人士编写的一本速查式参考书。书中包含了 2000 多条在大学本科物理课程中出现的最常用的公式和方程,涵盖数学、动力学和力学、量子物理学、热力学、固体物理学、电磁学、光学和天体物理学等领域。详尽的索引可使你简单而快速地找到所需的公式,而统一的表格版式可使你清楚地了解公式中每一个变量所代表的含义。

《剑桥物理公式手册》详尽地涵盖了大学本科物理课程的主要方面。本书设计成一种紧凑、便携的参考书形式,适于在日常工作、解题和考试复习中使用。所有物理、应用数学、工程和其他自然科学各分支的学生和专业人士都会希望拥有这样一本易查的精华型参考书。

## 编者简介

格雷厄姆·沃安(Graham Woan),英国格拉斯哥大学物理学和天文学系的高级讲师,此前曾在剑桥大学讲授过物理学。他在剑桥大学获得了物理专业的自然科学学士学位和射电天文学博士学位。他的研究兴趣很广,专注点在低频射电天文学。他发表论文的刊物涉及《天文学和天体物理学》、《地球物理研究快报》、《空间科学进展》、《航海杂志》和《急救医学》。他是利用现有广播电台进行定位的革命性 CURSOR 无线电定位系统的合作开发者,并且是格拉斯哥建城千年纪念日晷的设计者。

# 序 言

斯蒂芬·霍金(Stephen Hawking)在《时间简史》(A Brief History of Time)一书中表示,他不愿意在书中引入公式,因为“每一个公式……都会使书的销量减半”。尽管这种预言有点危言耸听,但对于一个搞科学的人来说,做与此完全相反的事,仍具有某些诱惑力。

读者不要被本书所误导。尽管本书中所收集的方程和公式支配着相当大的物理科学领域,但如果你不**理解**它们,它们对你是一点用处也没有的。学习物理并不在于记忆公式,而是在于去掌握这些公式所表达的自然界的结构。虽然本书的版式可以使你对某一主题更加清楚,但本书并不打算教你新的物理知识。有很多优秀的教科书可以完成此任务。本书的目的在于有用,而不在于完整地传授知识。所以**学生们一旦理解了物理**,就可以用本书帮助他们复习和把知识组织起来。水平高一点的读者可以从一个紧凑而自洽的公式来源中获益,他可在此书中快速找到他所需要的关系,而不必翻遍写满红色按语的书页。

为了达到这一目的,不得不做出一些困难的决定。首先,为了使篇幅短小,本书只收入那些不需较长的说明就可以简明地用公式表达的概念。因此,有少数重要的主题没有收入本书。例如,刘维尔定理可以简写成代数形式  $\rho = 0$ ,但是如果不加详细地(和细致地)解释  $\rho$ ,则是没有意义的。每一个已经掌握了  $\rho$  是什么意义的人,恐怕没有必要再去记忆这个公式了。其次,许多带有数值系数的经验公式都没有收入本书,因为可以遇到大量明显高于本科水平的这类话题。这类公式太多了,把它们都编入一本小手册中是不明智的,也没有信心能做到这一点。第三,大量的物理数据没有收入本书,只有周期表、物理常量表和太阳系数据表收入进来了。只看一眼那本神奇的(但是在厚薄上命名不妥的)《CRC 化学和物理手册》,就足以能使读者信服,一本好的数据手册该有多么厚。

收入什么或不收入什么不可避免地与个人的选择有关。你可能会发现一个符合上述入选条件的公式没有收入进来。如果有这样的情况,我将乐于听到你的意见,以便在下次再版时考虑。在“致谢”中有我的具体联系方式。同样,如果你发现有错误或不妥的地方也请告诉我,我将在网页上列出勘误表。

# 致 谢

本书的出版是建立在格拉斯哥大学和剑桥大学各位同仁慷慨援手的基础之上的,他们提供的材料极大地丰富了本书。戴夫·克拉克(Dave Clarke)、德克兰·戴弗(Declan Diver)、彼得·达菲特-史密斯(Peter Duffett-Smith)、沃尔夫-格里特·弗吕(Wolf-Gerrit Früh)、马丁·亨德里(Martin Hendry)、里科·伊格内斯(Rico Ignace)、戴维·爱尔兰(David Ireland)、约翰·西蒙斯(John Simmons)和哈里·沃德(Harry Ward)的专业知识以及凯蒂·洛(Katie Lowe)的文字功底在本书中起着重要的作用。我还要感谢理查德·巴雷特(Richard Barrett)、马修·卡特梅尔(Matthew Cartmell)、史蒂夫·格尔(Steve Gull)、马丁·亨德里、吉姆·霍夫(Jim Hough)、达雷恩·麦克唐纳(Darren McDonald)和肯·赖利(Ken Riley),答应为本书做现场试验并给出了宝贵的回馈信息。

我特别要感谢约翰·谢克沙夫特(John Shakeshaft),在本书编写过程中他不止一次以丰富的知识和出色的技术处理了整个书稿,他传奇式的红笔耕耘了(或者说袭击了)书中每一个公式。当然,如果仍有遗留下来的错误,那应当由我来负责。我所欣慰的是,如果没有约翰,书中的错误不知要多出多少倍。

**联系信息** 关于本手册的最新信息或具体联系方式,请登录剑桥大学出版社网页: [us.cambridge.org](http://us.cambridge.org)(北美)或 [uk.cambridge.org](http://uk.cambridge.org)(英国),或直接登录 [radio.astro.gla.ac.uk/hbhome.html](http://radio.astro.gla.ac.uk/hbhome.html)。

**关于2002版的附注** 我感谢所有向我提出改进建议的读者,特别是马丁·亨德里、沃尔夫冈·吉斯钦(Wolfgang Jitschin)和约瑟夫·卡茨(Joseph Katz)三位。尽管这一版较原版改动不多,但有机会对物理常量和周期表的内容作了更新,以反映宇宙学的最新进展。

# 目 录

序言 .....	iii
致谢 .....	v
怎样使用本书 .....	1
<b>第一章 单位、常量和单位变换 .....</b>	<b>3</b>
1.1 引言 .....	3
1.2 SI 单位 .....	4
1.3 物理常量 .....	6
1.4 单位变换 .....	10
1.5 量纲 .....	16
1.6 其他 .....	18
<b>第二章 数学 .....</b>	<b>19</b>
2.1 符号 .....	19
2.2 矢量和矩阵 .....	20
2.3 级数与求和 .....	27
2.4 复变量 .....	30
2.5 三角函数公式和双曲函数公式 .....	32
2.6 测量法 .....	35
2.7 微分 .....	40
2.8 积分 .....	44
2.9 特殊函数和特殊多项式 .....	46
2.10 二次、三次方程的根 .....	50
2.11 傅里叶级数和傅里叶变换 .....	52
2.12 拉普拉斯变换 .....	55
2.13 概率和统计 .....	57
2.14 数值方法 .....	60
<b>第三章 动力学和力学 .....</b>	<b>63</b>
3.1 引言 .....	63
3.2 参考系 .....	64
3.3 引力 .....	66
3.4 质点运动 .....	68
3.5 刚体动力学 .....	74
3.6 振动系统 .....	78
3.7 广义动力学 .....	79
3.8 弹性力学 .....	80
3.9 流体动力学 .....	84
<b>第四章 量子物理学 .....</b>	<b>89</b>
4.1 引言 .....	89
4.2 量子定义 .....	90
4.3 波动力学 .....	92



4.4	氢原子	95
4.5	角动量	98
4.6	微扰理论	102
4.7	高能物理和核物理	103
<b>第五章</b>	<b>热力学</b>	<b>105</b>
5.1	引言	105
5.2	经典热力学	106
5.3	气体定律	110
5.4	气体动理论	112
5.5	统计热力学	114
5.6	涨落与噪声	116
5.7	辐射过程	118
<b>第六章</b>	<b>固体物理学</b>	<b>123</b>
6.1	引言	123
6.2	周期表	124
6.3	晶体结构	126
6.4	晶格动力学	129
6.5	固体中的电子	132
<b>第七章</b>	<b>电磁学</b>	<b>135</b>
7.1	引言	135
7.2	静电场和静磁场	136
7.3	(一般)电磁场	139
7.4	介质中的场	142
7.5	力、转矩和能量	145
7.6	LCR 电路	147
7.7	传输线和波导	150
7.8	介质内外的波	152
7.9	等离子体物理学	156
<b>第八章</b>	<b>光学</b>	<b>161</b>
8.1	引言	161
8.2	干涉	162
8.3	夫琅禾费衍射	164
8.4	菲涅耳衍射	166
8.5	几何光学	168
8.6	偏振	170
8.7	相干性(标量理论)	172
8.8	线光谱辐射	173
<b>第九章</b>	<b>天体物理学</b>	<b>175</b>
9.1	引言	175
9.2	太阳系数据	176
9.3	(天文)坐标变换	177
9.4	实测天体物理学	179
9.5	恒星演化	181
9.6	宇宙学	184
<b>英中索引</b>		<b>187</b>
<b>中英索引</b>		<b>227</b>
<b>译后记</b>		<b>266</b>

## 怎样使用本书

本书的版式基本上是一目了然的,有时加少量的注解。为了寻找你所需要的内容,浏览各页固然是一个不错的办法,可是最好的方法还是从索引开始。我制作了一个尽可能全面、详细的索引,许多公式在索引中出现不止一次。每个公式都给出了公式号码(在方括号中)和所在的页码。同类的公式安排在各页的同一个表格中。每一表格表示一个独立的主题,公式中对每一个变量的阐述都注明在表格的右侧,通常在这个变量第一次出现的那个公式附近。因此你不需要为了符号的含义去查别的资料。作为一个整体的表格或表格中的单个公式,可能还有表注,这些表注在表格下面。请注意这些表注,因为它们提供了有关公式的更多信息或使用条件。

虽然各个表格是独立、自洽的,但有时还会用到一些在本书别处定义的概念,它们常常是互相引用的,必要时索引会指出它们在何处。除非特别申明,所有的符号和定义在全书都是一致的。



# 第一章 单位、常量和单位变换

## 1.1 引言

物理常量的确定和度量各种常量的单位的制定,是科学的一个特殊分支,不少人对于这个分支都是知之甚少。

一个有量纲的量,它的值必须相对于一个或者几个标准单位来说。在本书中统一采用国际单位制(SI)。这个单位制采用7个基本单位<sup>1</sup>(这个数目带有某种任意性),例如千克、秒。通常用物理定律去规定它们的大小,或者,像千克这个单位,就用保存在巴黎的一个叫做“国际千克原器”的物体去规定它的大小。为了方便,还有一些导出标准,例如伏特就是用7个标准单位中的几个组合起来定义的。我们认为在某种意义上是标准的大多数的物理可观察量,例如电子所带的电量,根据现在的了解,是一个其相对标准不确定度<sup>2</sup>( $u_r$ )小于 $10^{-7}$ 的量。确定得最差的物理量是牛顿的万有引力常量,其 $u_r$ 只有可怜的 $1.5 \times 10^{-3}$ ,确定得最好的是里德伯常量( $u_r = 7.6 \times 10^{-12}$ )。两倍于以玻尔磁子表示的电子磁矩的无量纲的电子 $g$ 因子,目前知道的相对不确定度仅为 $4.1 \times 10^{-12}$ 。

无论用什么基本单位,物理量都可以表示为一个数值和一个单位的乘积,这两个因子处于某种等价的地位,可以根据通常的代数规则进行运算:已知 $1 \text{ eV} = 160.218 \times 10^{-21} \text{ J}$ ,则 $1 \text{ J} = [1/(160.218 \times 10^{-21})] \text{ eV}$ 。用焦耳为单位去测量能量 $U$ ,则所得的数值是 $U/\text{J}$ ,若用电子伏特为单位去做同一测量,则得到的数值为 $U/\text{eV} = (U/\text{J})(\text{J}/\text{eV})$ ,等等。

<sup>1</sup> 1米是光在真空中用 $1/299\,792\,458$ 秒的时间所走过的长度。1千克是质量的单位,它等于国际千克原器的质量。1秒是铯133原子基态的两个超精细能级之间跃迁所产生的辐射周期的 $9\,192\,631\,770$ 倍。1安培是以下这样大的电流,如果在真空中相距1米的无限长的、其截面可忽略的两条平行直导线中,恒定地流动着1安培的电流,则两导线间每米产生 $2 \times 10^{-7}$ 牛顿的力。热力学温度的单位开尔文是水的三相点的热力学温度的 $1/273.16$ 。1摩尔是系统中物质的量的单位,其中所含的基本实体的数目等于0.012千克的碳12中所含原子的数目,它的记号是mol。当使用摩尔时,必须明确系统中的基本实体是什么,基本实体可以是原子、分子、离子、电子、其他粒子或者某种具体的粒子集团。1坎德拉是发光强度的单位,光源在指定方向发射频率为 $540 \times 10^{12}$ 赫兹的单色辐射,且其辐射强度为 $1/683$ 瓦每球面度时,光源的发光强度就是1坎德拉。

<sup>2</sup>  $x$ 的相对标准不确定度的定义是, $x$ 的估计标准偏差除以 $x$ 的模( $x \neq 0$ )。

## 1.2 SI 单位

## SI 基本单位

物理量	单位名称	符号	符号
长度	米	metre <sup>a</sup>	m
质量	千克	kilogram	kg
时间间隔	秒	second	s
电流	安培	ampere	A
热力学温度	开尔文	kelvin	K
物质的量	摩尔	mole	mol
发光强度	坎德拉	candela	cd

<sup>a</sup> 或写成 meter。

## SI 导出单位

物理量	单位名称	符号	符号	等价单位
催化活度	卡塔尔	katal	kat	mol s <sup>-1</sup>
电容	法拉	farad	F	C V <sup>-1</sup>
电荷	库仑	coulomb	C	A s
电导	西门子	siemens	S	Ω <sup>-1</sup>
电势差	伏特	volt	V	J C <sup>-1</sup>
电阻	欧姆	ohm	Ω	V A <sup>-1</sup>
能量、功、热	焦耳	joule	J	N m
力	牛顿	newton	N	m kg s <sup>-2</sup>
频率	赫兹	hertz	Hz	s <sup>-1</sup>
照度	勒克斯	lux	lx	cd sr m <sup>-2</sup>
电感	亨利	henry	H	V A <sup>-1</sup> s
光通量	流明	lumen	lm	cd sr
磁通	韦伯	weber	Wb	V s
磁通密度	特斯拉	tesla	T	V s m <sup>-2</sup>
平面角	弧度	radian	rad	m m <sup>-1</sup>
功率、辐射通量	瓦特	watt	W	J s <sup>-1</sup>
压强、应力	帕斯卡	pascal	Pa	N m <sup>-2</sup>
辐射吸收剂量	戈瑞	gray	Gy	J kg <sup>-1</sup>
辐射剂量当量 <sup>a</sup>	希沃特	sievert	Sv	[J kg <sup>-1</sup> ]
放射性活度	贝可勒尔	becquerel	Bq	s <sup>-1</sup>
立体角	球面度	steradian	sr	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>
温度 <sup>b</sup>	摄氏度	degree Celsius	°C	K

<sup>a</sup> 注意与戈瑞相区别,在实际使用中希沃特不要用 J kg<sup>-1</sup>。

<sup>b</sup> 摄氏度 T<sub>C</sub> 的数值用以开尔文为单位的温度 T<sub>K</sub> 的数值来定义: T<sub>C</sub> = T<sub>K</sub> - 273.15。

SI 词头<sup>a</sup>

因数	词头	符号	因数	词头	符号
10 <sup>24</sup>	yotta	尧它	Y	10 <sup>-24</sup>	yocto 幺科托 y
10 <sup>21</sup>	zetta	泽它	Z	10 <sup>-21</sup>	zepto 仄普托 z
10 <sup>18</sup>	exa	艾可萨	E	10 <sup>-18</sup>	atto 阿托 a
10 <sup>15</sup>	peta	拍它	P	10 <sup>-15</sup>	femto 飞母托 f
10 <sup>12</sup>	tera	太拉	T	10 <sup>-12</sup>	pico 皮可 p
10 <sup>9</sup>	giga	吉咖	G	10 <sup>-9</sup>	nano 纳诺 n
10 <sup>6</sup>	mega	兆	M	10 <sup>-6</sup>	micro 微 μ
10 <sup>3</sup>	kilo	千	k	10 <sup>-3</sup>	milli 毫 m
10 <sup>2</sup>	hecto	百	h	10 <sup>-2</sup>	centi 厘 c
10 <sup>1</sup>	deca <sup>b</sup>	十	da	10 <sup>-1</sup>	deci 分 d

<sup>a</sup> 千克是唯一的其名称和符号带有词头的 SI 单位。对于质量来说,本表所列词头应当用于克(g)上。例如,10<sup>-6</sup> kg 应当写成 1 mg。对其他物理量,这些词头均可用于任一 SI 单位。

<sup>b</sup> 或写成 deka。

## 可用的非 SI 单位

物理量	单位名称	符号	SI 值	
面积	靶恩	barn	b	10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
能量	电子伏特	electron volt	eV	≈1.602 18 × 10 <sup>-19</sup> J
长度	埃	ångström	Å	10 <sup>-10</sup> m
	费米	fermi <sup>a</sup>	fm	10 <sup>-15</sup> m
	微米	micron <sup>a</sup>	μm	10 <sup>-6</sup> m
平面角	度	degree	°	(π/180) rad
	角分	arcminute	'	(π/10 800) rad
	角秒	arcsecond	"	(π/648 000) rad
压强	巴	bar	bar	10 <sup>5</sup> N m <sup>-2</sup>
时间	分	minute	min	60 s
	时	hour	h	3 600 s
	日	day	d	86 400 s
质量	统一原子质量单位	unified atomic mass unit	u	≈1.660 54 × 10 <sup>-27</sup> kg
	吨	tonne <sup>a,b</sup>	t	10 <sup>3</sup> kg
	体积	升	litre <sup>c</sup>	l, L

<sup>a</sup> 这些是 SI 量的非 SI 名称。

<sup>b</sup> 或称“米制吨”、“公吨”(metric ton)。

<sup>c</sup> 或写成 liter。应避免使用符号“l”。

### 1.3 物理常量

下面是国际科技数据委员会(CODATA)1998年公布的基本物理常量的数值。这些数据也可以在网站 [physics.nist.gov/constants](http://physics.nist.gov/constants) 上查到。有关详细背景信息见 *Reviews of Modern Physics*, Vol. 72, No. 2, pp. 351~495, April 2000。

括号中的数字表示其前两位数字的  $1\sigma$  不确定度。例如  $G = (6.673 \pm 0.010) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ 。值得注意的是,表中列出的许多量的不确定度都是互相关联的,由这些量组合起来的一个表达式的确定度并不一定可以从表中给出的数值算出。适当的协方差值可以从上述参考资料中查出。

物理常量总表

真空中的光速 <sup>a</sup>	$c$	2.997 924 58	$\times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
真空磁导率 <sup>b</sup>	$\mu_0$	$4\pi$ = 12.566 370 614...	$\times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ $\times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$
真空电容率	$\epsilon_0$	$1/(\mu_0 c^2)$ = 8.854 187 817...	$\text{F m}^{-1}$ $\times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
引力常量 <sup>c</sup>	$G$	6.673(10)	$\times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
普朗克常量	$h$	6.626 068 76(52)	$\times 10^{-34} \text{ J s}$
$h/(2\pi)$	$\hbar$	1.054 571 596(82)	$\times 10^{-34} \text{ J s}$
基本电荷	$e$	1.602 176 462(63)	$\times 10^{-19} \text{ C}$
磁通量子, $h/(2e)$	$\Phi_0$	2.067 833 636(81)	$\times 10^{-15} \text{ Wb}$
电子伏特	eV	1.602 176 462(63)	$\times 10^{-19} \text{ J}$
电子质量	$m_e$	9.109 381 88(72)	$\times 10^{-31} \text{ kg}$
质子质量	$m_p$	1.672 621 58(13)	$\times 10^{-27} \text{ kg}$
质子/电子质量比	$m_p/m_e$	1 836.152 667 5(39)	
统一原子质量单位	$u$	1.660 538 73(13)	$\times 10^{-27} \text{ kg}$
精细结构常量, $\mu_0 c e^2/(2h)$	$\alpha$	7.297 352 533(27)	$\times 10^{-3}$
倒数	$1/\alpha$	137.035 999 76(50)	
里德伯常量, $m_e c \alpha^2/(2h)$	$R_\infty$	1.097 373 156 854 9(83)	$\times 10^7 \text{ m}^{-1}$
阿伏伽德罗常量	$N_A$	6.022 141 99(47)	$\times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
法拉第常量, $N_A e$	$F$	9.648 534 15(39)	$\times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
摩尔气体常量	$R$	8.314 472(15)	$\text{J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
玻尔兹曼常量, $R/N_A$	$k$	1.380 650 3(24)	$\times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
斯特藩—玻尔兹曼常量, $\pi^2 k^4/(60 \hbar^3 c^2)$	$\sigma$	5.670 400(40)	$\times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
玻尔磁子, $eh/(2m_e)$	$\mu_B$	9.274 008 99(37)	$\times 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$

<sup>a</sup>这是定义,光速的数值是确定的。

<sup>b</sup>这是定义,其值也是确定的。另一单位为  $\text{N A}^{-2}$ 。

<sup>c</sup>标准重力加速度  $g$  的值被精确定义为  $9.806 65 \text{ m s}^{-2}$ 。

## 一般常量

真空中的光速	$c$	2.997 924 58	$\times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
真空磁导率	$\mu_0$	$4\pi$ $= 12.566 370 614\dots$	$\times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ $\times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$
真空电容率	$\epsilon_0$	$1/(\mu_0 c^2)$ $= 8.854 187 817\dots$	$\text{F m}^{-1}$ $\times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
真空阻抗	$Z_0$	$\mu_0 c$ $= 376.730 313 461\dots$	$\Omega$ $\Omega$
万有引力常量	$G$	6.673(10)	$\times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
普朗克常量	$h$	6.626 068 76(52)	$\times 10^{-34} \text{ J s}$
以电子伏为单位		4.135 667 27(16)	$\times 10^{-15} \text{ eV s}$
$h/(2\pi)$	$\hbar$	1.054 571 596(82)	$\times 10^{-34} \text{ J s}$
以电子伏为单位		6.582 118 89(26)	$\times 10^{-16} \text{ eV s}$
普朗克质量, $(\hbar c/G)^{1/2}$	$m_{\text{Pl}}$	2.176 7(16)	$\times 10^{-8} \text{ kg}$
普朗克长度, $\hbar/(m_{\text{Pl}} c) = (\hbar G/c^3)^{1/2}$	$l_{\text{Pl}}$	1.616 0(12)	$\times 10^{-35} \text{ m}$
普朗克时间, $l_{\text{Pl}}/c = (\hbar G/c^5)^{1/2}$	$t_{\text{Pl}}$	5.390 6(40)	$\times 10^{-44} \text{ s}$
基本电荷	$e$	1.602 176 462(63)	$\times 10^{-19} \text{ C}$
磁通量子, $h/(2e)$	$\Phi_0$	2.067 833 636(81)	$\times 10^{-15} \text{ Wb}$
约瑟夫森频率/电压比	$2e/h$	4.835 978 98(19)	$\times 10^{14} \text{ Hz V}^{-1}$
玻尔磁子, $e\hbar/(2m_e)$	$\mu_{\text{B}}$	9.274 008 99(37)	$\times 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$
以 $\text{eV T}^{-1}$ 为单位		5.788 381 749(43)	$\times 10^{-5} \text{ eV T}^{-1}$
$\mu_{\text{B}}/k$		0.671 713 1(12)	$\text{K T}^{-1}$
核磁子, $e\hbar/(2m_p)$	$\mu_{\text{N}}$	5.050 783 17(20)	$\times 10^{-27} \text{ J T}^{-1}$
以 $\text{eV T}^{-1}$ 为单位		3.152 451 238(24)	$\times 10^{-8} \text{ eV T}^{-1}$
$\mu_{\text{N}}/k$		3.658 263 8(64)	$\times 10^{-4} \text{ K T}^{-1}$
塞曼分裂常量	$\mu_{\text{B}}/(hc)$	46.686 452 1(19)	$\text{m}^{-1} \text{ T}^{-1}$

原子常量<sup>a</sup>

精细结构常量, $\mu_0 c e^2/(2h)$	$\alpha$	7.297 352 533(27)	$\times 10^{-3}$
倒数	$1/\alpha$	137.035 999 76(50)	
里德伯常量, $m_e c \alpha^2/(2h)$	$R_\infty$	1.097 373 156 854 9(83)	$\times 10^7 \text{ m}^{-1}$
$R_\infty c$		3.289 841 960 368(25)	$\times 10^{15} \text{ Hz}$
$R_\infty hc$		2.179 871 90(17)	$\times 10^{-18} \text{ J}$
$R_\infty hc/e$		13.605 691 72(53)	$\text{eV}$
玻尔半径 <sup>b</sup> , $\alpha/(4\pi R_\infty)$	$a_0$	5.291 772 083(19)	$\times 10^{-11} \text{ m}$

<sup>a</sup> 又见 95 页的玻尔模型。<sup>b</sup> 核不动。



## 电子常量

电子质量	$m_e$	9.109 381 88(72)	$\times 10^{-31}$ kg
以 MeV 为单位		0.510 998 902(21)	MeV
电子/质子质量比	$m_e/m_p$	5.446 170 232(12)	$\times 10^{-4}$
电子电荷	$-e$	-1.602 176 462(63)	$\times 10^{-19}$ C
电子比荷	$-e/m_e$	-1.758 820 174(71)	$\times 10^{11}$ C kg <sup>-1</sup>
电子摩尔质量, $N_A m_e$	$M_e$	5.485 799 110(12)	$\times 10^{-7}$ kg mol <sup>-1</sup>
康普顿波长, $h/(m_e c)$	$\lambda_C$	2.426 310 215(18)	$\times 10^{-12}$ m
经典电子半径, $\alpha^2 a_0$	$r_e$	2.817 940 285(31)	$\times 10^{-15}$ m
汤姆孙截面, $(8\pi/3)r_e^2$	$\sigma_T$	6.652 458 54(15)	$\times 10^{-29}$ m <sup>2</sup>
电子磁矩	$\mu_e$	-9.284 763 62(37)	$\times 10^{-24}$ J T <sup>-1</sup>
以玻尔磁子为单位, $\mu_e/\mu_B$		-1.001 159 652 186 9(41)	
以核磁子为单位, $\mu_e/\mu_N$		-1 838.281 966 0(39)	
电子旋磁比, $2 \mu_e /\hbar$	$\gamma_e$	1.760 859 794(71)	$\times 10^{11}$ s <sup>-1</sup> T <sup>-1</sup>
电子 $g$ 因子, $2\mu_e/\mu_B$	$g_e$	-2.002 319 304 373 7(82)	

## 质子常量

质子质量	$m_p$	1.672 621 58(13)	$\times 10^{-27}$ kg
以 MeV 为单位		938.271 998(38)	MeV
质子/电子质量比	$m_p/m_e$	1 836.152 667 5(39)	
质子电荷	$e$	1.602 176 462(63)	$\times 10^{-19}$ C
质子比荷	$e/m_p$	9.578 834 08(38)	$\times 10^7$ C kg <sup>-1</sup>
质子摩尔质量, $N_A m_p$	$M_p$	1.007 276 466 88(13)	$\times 10^{-3}$ kg mol <sup>-1</sup>
质子康普顿波长, $h/(m_p c)$	$\lambda_{C,p}$	1.321 409 847(10)	$\times 10^{-15}$ m
质子磁矩	$\mu_p$	1.410 606 633(58)	$\times 10^{-26}$ J T <sup>-1</sup>
以玻尔磁子为单位, $\mu_p/\mu_B$		1.521 032 203(15)	$\times 10^{-3}$
以核磁子为单位, $\mu_p/\mu_N$		2.792 847 337(29)	
质子旋磁比, $2\mu_p/\hbar$	$\gamma_p$	2.675 222 12(11)	$\times 10^8$ s <sup>-1</sup> T <sup>-1</sup>

## 中子常量

中子质量	$m_n$	1.674 927 16(13)	$\times 10^{-27}$ kg
以 MeV 为单位		939.565 330(38)	MeV
中子/电子质量比	$m_n/m_e$	1 838.683 655 0(40)	
中子/质子质量比	$m_n/m_p$	1.001 378 418 87(58)	
中子摩尔质量, $N_A m_n$	$M_n$	1.008 664 915 78(55)	$\times 10^{-3}$ kg mol <sup>-1</sup>
中子康普顿波长, $h/(m_n c)$	$\lambda_{C,n}$	1.319 590 898(10)	$\times 10^{-15}$ m
中子磁矩	$\mu_n$	-9.662 364 0(23)	$\times 10^{-27}$ J T <sup>-1</sup>
以玻尔磁子为单位, $\mu_n/\mu_B$		-1.041 875 63(25)	$\times 10^{-3}$
以核磁子为单位, $\mu_n/\mu_N$		-1.913 042 72(45)	
中子旋磁比, $2 \mu_n /\hbar$	$\gamma_n$	1.832 471 88(44)	$\times 10^8$ s <sup>-1</sup> T <sup>-1</sup>