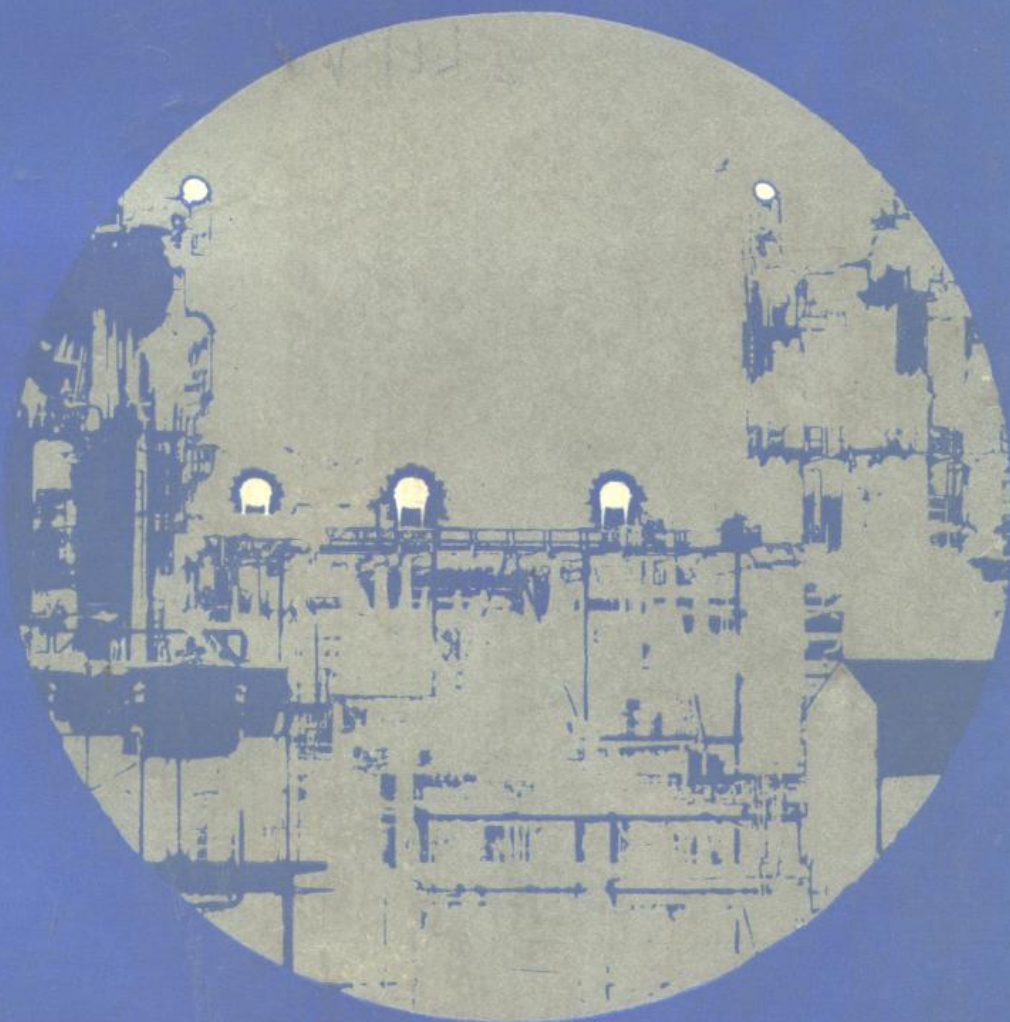


科学和工业中的 物理学

[美] A. 克罗默 著



科学出版社

科学和工业中的物理学

[美] A. 克罗默 著

陆 思 译

1-4619/32

2



科学出版社

1986

内 容 简 介

本书是一本有关物理学的科普巨著,较全面地介绍了物理学的各个方面。全书共五篇(力学、热物理、波、电磁学和近代物理)二十二章,既介绍了物理学的基本概念,又把这些概念同其在工业技术中的主要应用密切结合起来,使理论与工业中的实际应用形成为一个有机的整体。

本书可供广大中学和中等技术学校的师生,知识青年,中等文化程度的科技干部参考。

A. Cromer

PHYSICS IN SCIENCE AND INDUSTRY

McGraw-Hill Book Company, 1980

科学和工业中的物理学

[美] A. 克罗默 著

陆 思 译

责任编辑 杨家福

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1986年12月第一版 开本:787×1092 1/16

1986年12月第一次印刷 印张:43 3/4

印数:0001—2,500 字数:1,023,000

统一书号:13031·3335

本社书号:4366·13—3

定价: 8.25 元

前 言

本书介绍现代技术方面物理学的基本原理,是为广大攻读工程技术的学生(未来的建筑师、工艺师、技师和机械师,等等)所编写的。他们需要全面了解物理学及其与各自专业的关系。全书贯穿了物理学在科学方面和工业方面的实际应用,既阐述了物理原理,又说明了现代技术的重要问题。本书以这种方式向读者表明,正是物理学向我们提供了为认识我们所生活的这个复杂技术世界所需的概念。

为了使正在学习数学的学生能阅读本书,书中所用到的数学局限于初等代数和三角。本书一开始就强调了使用电子计算器,因此即使计算能力欠佳,学习物理学也不会有什么妨碍。学生只要掌握了计算器,他们就能够顺利地解决涉及到对数和指数的复杂问题。计算器还能帮助学生理解不用计算器便无法掌握的高深概念。

本书按篇、章、节、小节和小小节编排,以便揭示各课题之间的逻辑关系。例如

第四篇 电磁学
第十六章 直流电
16.5 节 电化学
现代电池
碳电池

这样的编排表明了碳电池这一课题与范围较广的电磁学之间的关系。把某一课题编排成小小节并不意味着这个课题不如其他一些课题重要,只不过表明从逻辑上看它从属于这些课题而已。

通常,每一节都相当完整地讨论了一个主要课题,可以作为一个单元分好几次讲授。把节又分为小节和小小节,是为了易于安排时间讲授该节。例如,把16.5节(电化学)分成五个小节,即电解、法拉第定律、伏打电池、丹尼尔电池、现代电池。教员可以增加或减少一些小节来调整讲解电化学这一节所花的时间。

各章末尾的主要课题指南把该章的内容分为许多课题单元。指南中所列出的各个课题都与一组公式、例题和习题相关联,以供学习该课题之用。教员可以利用指南,按各章中的课题布置习题,而学生也可以利用指南找到与所布置的习题有关的公式,并选定其他一些相关的习题供进一步学习之用。

为了得到现代工业实践中的第一手资料,我访问了全国各地的许多工厂和研究单位。在与工程技术人员和生产管理人员的交谈中,我知道了我们会经常用到哪些物理学知识。通过这些访问,我还明白了在学校所学的物理学与其在工业中的应用在某些方面是严重脱节的。例如,一般教科书在讨论直流电动机时(见17.2节)虽然都讲清了怎样把电能转换成机械能,但却没有切实地描述任何一种工业用的电动机。因此,本书在18.5节详细地讨论了电动机,以便填补教育界与实际工业界之间的空白。

凡是在本书编写过程中给予我帮助的人们,我都要专此致谢。……如果本书仍然存在错误或欠妥之处,责任全在我自己。

A. 克罗默

目 录

前言

第一篇 力 学

第一章 测量	2
1.1 科学与工业	2
1.2 单位	3
1.3 科学表示法	9
1.4 精密度、精确度和实验误差	12
1.5 面积、体积和密度	17
主要课题指南	21
习题	21
参考文献	24
第二章 力	25
2.1 力的性质	25
2.2 某些特殊的力	27
2.3 关于共线力的例子	33
2.4 矢量加法	39
2.5 关于平面力系的问题	46
主要课题指南	56
习题	56
参考文献	61
第三章 结构分析	62
3.1 转动平衡	62
3.2 重心	66
3.3 关于转矩的例题	69
3.4 固体的弹性变形	75
3.5 梁	79
主要课题指南	83
习题	83
第四章 动力学	91
4.1 参考系	91
4.2 速度和加速度	93
4.3 牛顿第二运动定律	99
4.4 应用牛顿第二运动定律的例题	101
4.5 动量	105
主要课题指南	108
习题	108

• i •

39401

参考文献	112
第五章 功、能和功率	113
5.1 简单机械	113
5.2 功和势能	121
5.3 势能	127
5.4 能量守恒	131
5.5 功率	133
主要课题指南	142
习题	142
参考文献	148
第六章 复杂运动	149
6.1 抛物线运动	149
6.2 匀速圆周运动	152
6.3 存在引力时的运动	155
6.4 简谐运动	160
6.5 刚体运动	164
主要课题指南	168
习题	168
参考文献	172
第七章 流体力学	173
7.1 流体静力学	173
7.2 流体静压力	177
7.3 压力测量仪表	180
7.4 浮力	184
7.5 流体动力学	189
主要课题指南	202
习题	201
参考文献	207

第二篇 热 物 理

第八章 物质结构	209
8.1 原子和分子	209
8.2 物质的三种状态	212
8.3 温度	213
8.4 理想气体	215
8.5 真实气体	219
8.6 固体	225
主要课题指南	228
习题	228
第九章 热	231
9.1 热力学第一定律	231
9.2 比热	233

9.3 温度系数	236
9.4 潜热	240
9.5 传热	245
主要课题指南	252
习题	252
参考文献	255
第十章 热力学	256
10.1 热力过程	256
10.2 热机和制冷机	258
10.3 热力学第二定律	266
10.4 第二定律的统计表述	270
10.5 熵	273
主要课题指南	275
习题	276
参考文献	277

第三篇 波

第十一章 振动的绳	279
11.1 绷紧绳上的波	279
11.2 机械波的物理性质	282
11.3 叠加	284
11.4 正弦波	286
11.5 驻波	293
11.6 共振	296
主要课题指南	299
习题	299
第十二章 声学	304
12.1 声音的物理性质	304
12.2 强度和强度级	309
12.3 听觉	312
12.4 驻波	315
12.5 多普勒效应和拍	317
12.6 噪声控制	321
主要课题指南	327
习题	327
参考文献	330
第十三章 光	331
13.1 光的性质	331
13.2 反射和折射	334
13.3 干涉和折射	343
13.4 偏振	349
13.5 颜色视觉	354

13.6 辐射度和光度	360
主要课题指南	364
习题	365
参考文献	369
第十四章 光学	370
14.1 透镜	370
14.2 单透镜光学仪器	376
14.3 虚象	385
14.4 反射镜	388
14.5 双透镜仪器	393
14.6 象差	399
主要课题指南	402
习题	403
参考文献	406

第四篇 电 磁 学

第十五章 电学	408
15.1 基本力	408
15.2 库仑定律	409
15.3 电场	415
15.4 电位	421
15.5 电子束	427
主要课题指南	430
习题	430
第十六章 直流电	436
16.1 导体中的电流	436
16.2 电路分析	442
16.3 电阻率	448
16.4 电容	451
16.5 电化学	459
主要课题指南	466
习题	466
参考文献	472
第十七章 磁学	473
17.1 磁场	473
17.2 电磁效应	476
17.3 磁力	482
17.4 磁感应	491
17.5 电感器	496
主要课题指南	499
习题	500
参考文献	506

第十八章 交流电	508
18.1 交流发电	508
18.2 纯电阻电路中的交流电	511
18.3 交流电路中的电感和电容	518
18.4 变压器	526
18.5 电动机	529
主要课题指南	535
习题	535
参考文献	538
第十九章 电子学	539
19.1 通信、信息与控制	539
19.2 传感器 (或转换器)	544
19.3 二极管	549
19.4 三极管	556
19.5 调幅广播中的调制与解调	561
主要课题指南	563
习题	563
参考文献	565

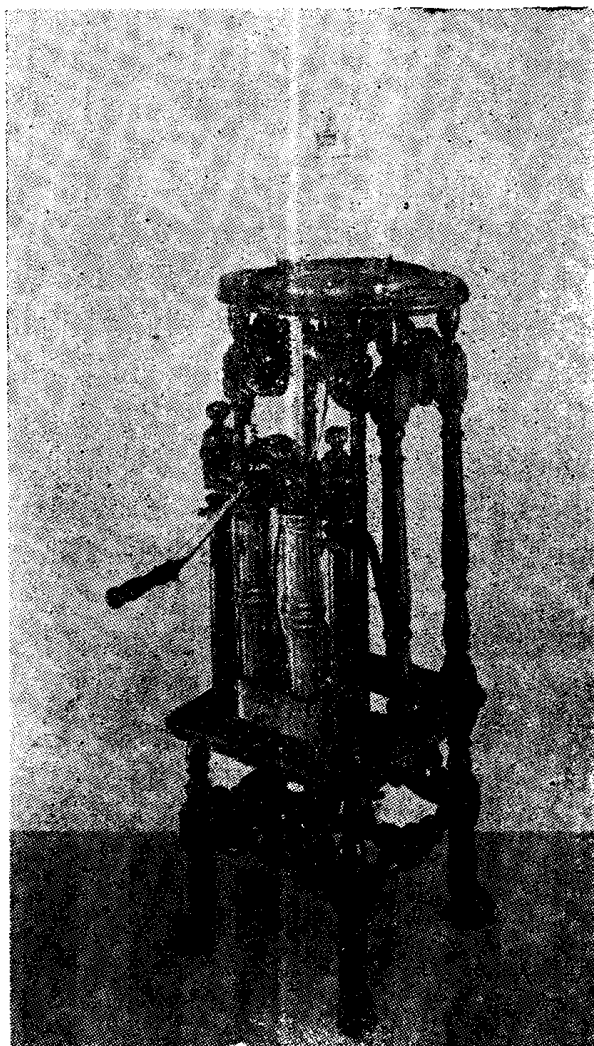
第五篇 近代物理

第二十章 原子物理学	567
20.1 波-粒二象性	567
20.2 原子的玻尔模型	570
20.3 量子力学	577
20.4 复杂原子和周期表	579
20.5 化学键	586
主要课题指南	589
习题	589
参考文献	590
第二十一章 固体物理	591
21.1 晶体结构	591
21.2 金属	596
21.3 半导体	602
21.4 分立半导体器件	607
21.5 微电子学	613
主要课题指南	621
习题	621
参考文献	623
第二十二章 核物理学	624
22.1 核结构	624
22.2 放射性	630
22.3 核辐射	635

22.4 核能	645
主要课题指南	652
习题	653
参考文献	655
附录.....	657
I 国际单位制	657
II 国际单位制、英制和常用单位之间的换算	658
III 对数	660
IV 几何学和三角学	662
V 公式(3.12)的证实.....	667
VI 太阳系数据	668
VII 绳上横向波的速度	668
VIII 本书中所用术语的词汇表.....	670
汉英名词对照索引.....	673
元素周期表.....	688
物理常数.....	690
某些单位的换算.....	690

第一篇 力 学

力学是研究物体保持静止的条件(静力学)和物体的运动规律(动力学)的学科。力学的基本概念,如力、质量、能量等,对于物理学的各个分支来说都是基本知识,因此,研究力学,是研究热力学、电磁学和核物理学等其他分支学科的先决条件。此外,力学在工程各方面都有直接的应用。例如,静力学条件可用来计算桥梁或建筑物的结构构件在满载时所需承受的力。同样,动力学定律可用以确定物体作圆周运动、振动或其他型式的加速运动时所受到的力,以及驱动各种机器和水泵时所需要的功率。



第一章 测 量

人类凭着自己的才智赋予人和物以许多不同的属性,例如长度、重量、颜色、美观和爱国精神等。其中有些属性显然可以进行测量,而另一些属性则不能。所以,在测量长度和重量方面已有一些明确的方法,但对于美观或爱国精神则不然。[颜色处于中间状态,这是因为,尽管人们能够对每一种颜色规定一个数值(见第 13.5 节),但还不能把颜色依次排列。]物理学研究事物的可测属性。物理学的各种基本概念都是通过测量来定义的,因此,物理学理论的目的是把各种测量结果联系起来。一种物理学理论,不管它可以表述得如何抽象,归根结底是说明能够在实验室或工厂里进行的具体操作。

1.1 科学与工业

在整个历史中,自然现象的研究一直受到学者和学术界的重视。过去任何一个伟大的文明国家,如巴比伦、埃及、中国、印度和希腊,都曾在数学、物理和自然历史方面出过许多著作。这些著作本身固然十分重要,但对产生它们的那些文化却没有什麼影响,而对普通人的生活就更没有什么影响了。那些著作都是由学者们所写而给学者们所看的,它们几乎都从未想到要对社会产生实际效果。

我们今天所掌握的科学,起始于公元 1500 年前后西欧的几个国家。那时的欧洲科学家们感到,自己与古代的伟大学者相比,已经落后,而且显得愚昧无知了,但他们却想出了一种进行科学发明的新方法,而这种方法要比过去所知道的任何一种方法更加有效。的确,正是他们的方法学显示了巨大的威力,才把欧洲这块处于文化边缘的落后地区擢升到世界上领先的地位。

历史学家喜欢推测导致西方科学发展的特殊环境。例如,为什么 W. 哈维 (Harvey) (1576~1657) 能在十七世纪二十年代发现血液循环,而他以前的无数代解剖学家都未做到这一点呢? 这不能仅仅归因于他善于观察和有高超的实验技巧。从伟大的希腊解剖学家盖伦 (Galen) (公元 130~200 年) 开始,人们就已在进行解剖了,自那以后的 1400 年间,每一代医生都学习了盖伦的解剖学。解剖学教授向学生们宣读盖伦的著作,而由一名助教进行解剖。凡是解剖结果与盖伦的说明不符,教授都把此解释为助教的错误,而不是盖伦的错误¹⁾。

既然一千多年来人们都是这样学习的,那怎么会突然引起变化的呢? 我认为,原因是技术知识已从工厂扩散到了学术界。

在历史的早期,学者们对技工和技师的实际工作一无所知,但在发明了印刷术后,机械工艺知识才开始从工厂传播出去。有一位捷克波希米亚 (Bohemia) 的开业医生叫做

1) 对于这种情况,并不奇怪,如果你在进行物理实验时没有得到预期的结果,没有人怀疑物理学定律有错误。在大多数场合,我们只承认同我们所预期的结果相符的那些观察结果是正确的。这就是为什么新发现是这样少和这样惊人的原因。

G. 阿格里科拉 (Agricola) [Georg Bauer (1494~1555)] 的,他全面地记述了他当时实际的采矿和冶金情况。他的那部经典著作《冶金学》(De re metallica, 1556 年),就成了俟后二百年采矿和冶金方面的主要教材。图 1.1 是《冶金学》一书中的插图,它表示一台筒式抽水机正在从矿井中抽水。阿格里科拉对抽水机的描述,清楚地说明了它所用的各个阀的功用和动作。

正是这种知识促使哈维得以超过前人。当哈维解剖了心脏后,他才能发现心脏的瓣膜类似于抽水机中的单向阀。他所以能看到别人所看不到的东西,是因为他没有脱离他当时的实际知识。

抽水机引起了十六世纪和十七世纪其他科学家的兴趣。此外,由于当时人们不了解抽水机的工作原理,因此才启发伽利略 (Galileo)、托里彻利 (Torricelli) 和帕斯卡 (Pascal) 去研究真空的性质。这种研究又导致了抽气机的发明,接着再促使人们去研究蒸气,并研制出蒸气机。由于人们想方设法提高蒸气机的效率,结果就在热力学方面作出了重大发现。

科学和技术之间的这种相互交流,正是我们现代技术文化的基础。科学和技术如果彼此脱离,那么二者都不能长期保持繁荣。本书的目的,就是要向工科学生介绍他们的学科所依据的许多普遍原理,以便加强科学和技术的联系。同时,本书应用这些原理来处理结构力学、机械学、水力学、热工学、声学、光度学、光学、电路学、电机学、电子学和核工程学中的实际问题,所以可以作为一本现代技术的入门书。



图 1.1 阿格里科拉的《冶金学》(1556 年)一书中所介绍的抽水机。左面那个人正在用螺旋钻掏空树干,制作管子

1.2 单 位

物理学研究可测量的事物。在任何时候,可以测量什么事物,这取决于现有的技术。例如,在人们能够用照片探测 X 射线以前,不可能发现 X 射线。由于新的发明使可能测量的范围不断扩大,物理学的研究范围也随之不断扩大。

任何一个物理量,都是把它的大小与一个标准样品的大小进行比较来测量的。大家最熟悉的例子是长度的测量。测量时,人们把物体的长度同标准长度(通常是 1 米或 1 英尺)进行比较。为此,最好用直尺来测量,但要精密测量 5 厘米以下的长度时,就要用游标卡尺或千分尺(图 1.2)了。这两种量都有一对夹紧待测物体用的卡爪和一个在刻度尺上示出卡爪开口用的量标。

测量总是相对于某种标准进行的,这种标准叫做单位。在国际单位制 (SI 单位)中,长度的标准为米 (m);而在英工程单位制中,长度的标准为英尺 (ft)。这两种单位制是目前普遍使用的,因此对二者都得熟悉。此外,还有其他许多惯用的长度单位,例如英寸、密耳、码和英里等。附录 II 中的几个表给出了国际制单位、英制单位和惯用单位之间的换算关系。

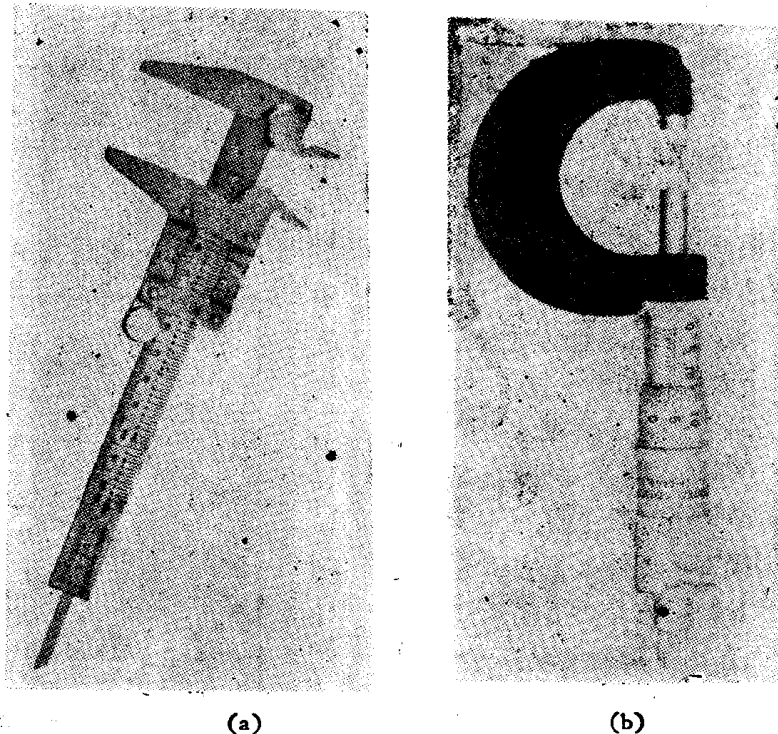


图 1.2 (a)游标卡尺; (b)千分尺

大多数工业部门普遍采用国际制单位,因此本书强调用这种单位制。使用这种单位制时应注意的一些规则见附录 I。这里只需要指出,国际单位制用词冠来表示一个单位的十进倍数和十进约数。最常用的词冠见表 1.1,而完整的词冠表见附录 I。

表 1.1 常用的国际制单位词冠

词 冠	符 号	数 值
兆	M	1,000,000 或 10^6
千	k	1,000 或 10^3
厘	c	0.01 或 10^{-2}
毫	m	0.001 或 10^{-3}
微	μ	0.000001 或 10^{-6}

根据表 1.1,1 千米(千+米,符号 km) 就是 1000 米:

$$1 \text{ 千米} = 1000 \text{ 米}$$

1 厘米(厘+米,符号 cm) 就是 0.01 米:

$$1 \text{ 厘米} = 0.01 \text{ 米}$$

其他十进倍数和十进约数可用类似的方法形成。

任何一个测量值都必须同时给出大小和单位。例如,如果用刻有厘米的千分尺测出滚珠轴承的直径 d 为 2.617,那么测量结果应该写成

$$d = 2.617 \text{ 厘米}$$

这就是说,长度是 1 厘米的 2.617 倍,即

$$d = (2.617)(1 \text{ 厘米})$$

虽然人们在实践中从来不用这第二种方式书写测量结果,但是,当你必须从一种单位换算

为另一种单位时,这样书写单位就不容易出错。

例 1.1 某一轴承的直径为 2.617 厘米,试用米表示该直径。

因为 1 厘米 = 0.01 米,所以可以把轴承直径写成

$$\begin{aligned}d &= 2.617 \text{ 厘米} = (2.617)(1 \text{ 厘米}) \\ &= (2.617)(0.01 \text{ 米}) \\ &= 0.02617 \text{ 米}\end{aligned}$$

国际制各单位之间的换算十分容易,只要把小数点向左或向右移动几位就行了。国际制单位与英制单位或其他惯用单位之间的换算,要用到乘法或除法,这可以在计算器上进行。附录 II 给出了国际制单位与其他常用单位之间的换算因子。

例 1.2 把 2.617 厘米换算为英尺。

从附录 II 查出: 1 米 = 3.28 英尺,因此

$$\begin{aligned}1 \text{ 厘米} &= 0.01 \text{ 米} = (0.01)(1 \text{ 米}) \\ &= (0.01)(3.28 \text{ 英尺}) \\ &= 0.0328 \text{ 英尺}\end{aligned}$$

于是,可得

$$\begin{aligned}2.617 \text{ 厘米} &= (2.617)(1 \text{ 厘米}) \\ &= (2.617)(0.0328 \text{ 英尺}) \\ &= 0.08584 \text{ 英尺}\end{aligned}$$

在许多情况下,不可能直接用直尺和千分尺测出长度,而就要用间接方法来测量。但是,即使是间接测量,也要在某一阶段进行直接测量。

例如,为测量一条河流两岸上两点 A 和 B 之间的距离 d (图 1.3),就要用到测量人员所用的那种经纬仪 (图 1.4)。测量者在自己所在的一侧河岸选择第三点 C ,然后在 B 点和 C 点用经纬仪去观测,分别测出角度 θ_1 和 θ_2 ¹⁾。基线 BC 的长度 b 是直接测量的,办法是在 B 和 C 之间拉紧一条绳子,而用直尺测出这段绳子的长度。根据这些测量结果,可用正弦定律(见 2.5 节)算出长度 d 。不过,这一类问题也能用作图法画比例图来求解。

例 1.3 已知图 1.3 中 $b = 0.50$ 千米, $\theta_1 = 80^\circ$ 和 $\theta_2 = 85^\circ$, 距离 d 是多少?

先选择合适的比例尺,例如 10 厘米 = 1 千米,画出比例图。按照这个比例尺,把基线 BC 画成 5 厘米长。然后,用分度规分别从 B 点和 C 点作两条直线各与 BC 成 80° 和 85° 角。把这两条直线延长,使之交于 A 点。最后,用直尺测出距离 AB ,并把它换算回原单位。这时,测出 AB 约为 19.2 厘米。按照选定的比例尺,1 厘米 = 0.1 千米,因此

$$19.2 \text{ 厘米} = (19.2)(0.1 \text{ 千米}) = 1.92 \text{ 千米}$$

作图法不如三角函数法精确,但是要容易理解得多,而且这里已足够精确。在本章末出了几个测量方面的习题,以供读者在下一章中学习矢量作准备。

1) θ 为希腊小写字母西塔。

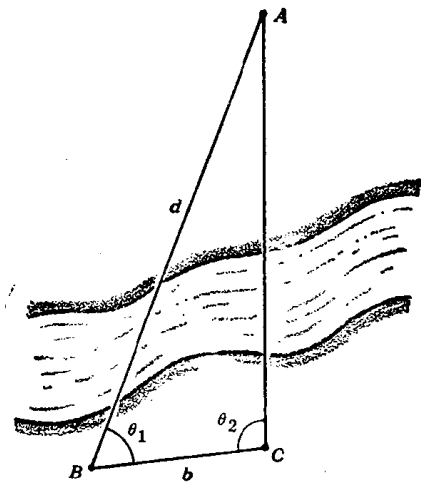


图 1.3 河流两岸上两点 A 和 B 之间的距离 d 可以通过测量距离 b 和角度 θ_1 和 θ_2 来求得

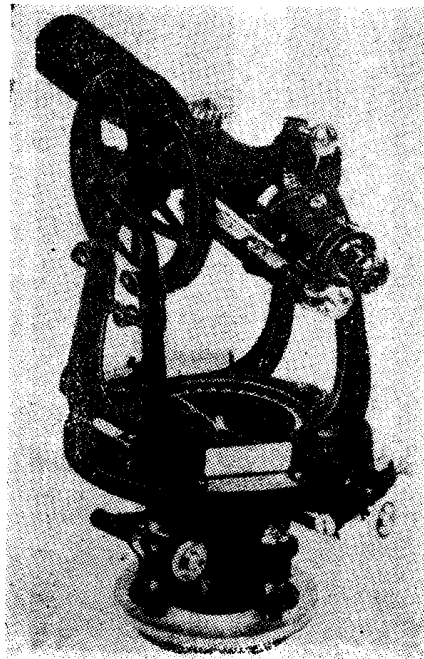


图 1.4 经纬仪

地球上的长距离可用三角测量法连续测量小距离而得出,而地球本身的大小,归根结底,也可用这种方法确定。一旦知道了地球的大小,就可以从地球上两个不同点同时测量太阳的角度,并用这两点间的已知距离作为基线,从而求出地球到太阳的距离(图 1.5)。然后,利用地球到太阳的距离来测量地球到附近一颗恒星的距离,这时把地球围绕太阳运转轨道的直径作为基线(图 1.6)。因此,连天文测量甚至也与用绳子和直尺直接测量距离有关,尽管测量往往要经过许多中间步骤。

其他的物理量,就需要用别的方法来测量了。时间是特别难捉摸的。为了测量时间,

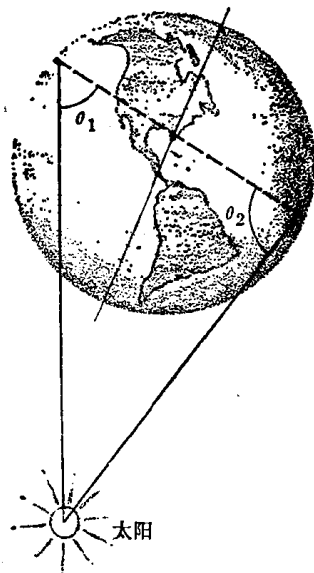


图 1.5 从地球上相隔已知距离的两点测量角度 θ_1 和 θ_2 , 就可求出地球到太阳的距离

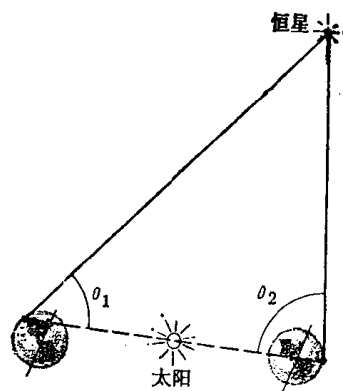


图 1.6 用地球绕太阳运转轨道的直径作为基线, 就可以测出恒星的距离

就需要用一种能连续重复某一事件的装置,以便把两个事件之间的间隔作为时间的单位。时钟就是一种能产生周期性事件的机械计时装置。地球的日夜自转就是一种天然的周期性事件,在1967年以前,人们一直把时间的单位(秒)定义为一个平均太阳日的 $1/86,400$ 。本世纪五十年代,人们研制成功了原子钟,它比地球自转计时更加精确;由于海洋与海洋底之间的潮汐摩擦,地球的自转并不绝对均匀。从1967年起,人们把标准秒(s)定义为铯原子内某个电子来回跃迁 $9,192,631,770$ 次所经历的时间¹⁾。巴黎的国际时间局(BIH)根据好几个国家标准实验室(例如美国华盛顿的国家标准局)里的铯原子钟(图1.7)所提供的数据维持了这个标准时间。

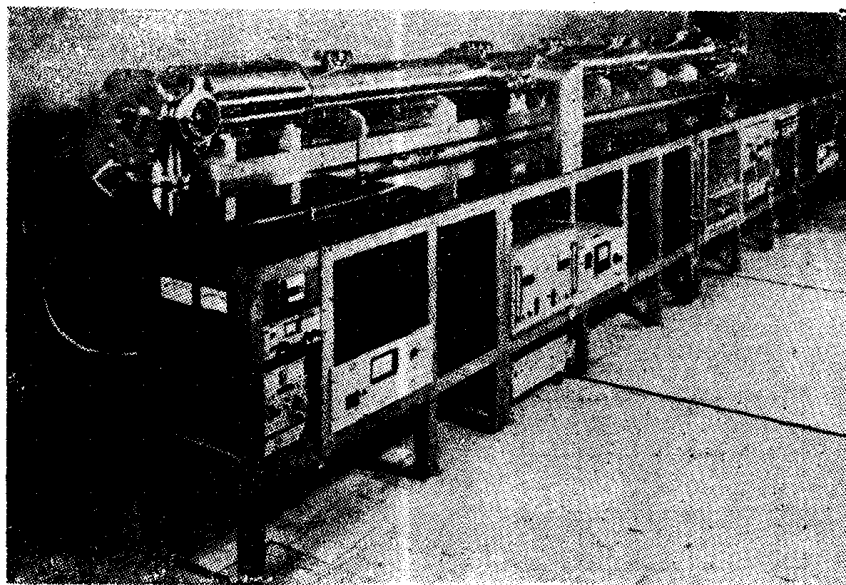


图 1.7 美国国家标准局的原子钟(NBS-6)。这台原子钟的精确度为 $1/10^{13}$,相当于370,000年内的误差不到1秒

因为地球的自转速率在不断降低,所以一个平均太阳日已不再恰好是86,400(原子)秒。为了对此进行修正,国际时间局不时地给一年添加一秒(闰秒)。第一个闰秒添加在1972年6月30日那一天。

长度和时间是物理学中的两个基本物理量。只要再引入三个基本量,即质量、温度和电荷²⁾,就可用这五个量定义其他各个物理量。例如,汽车竞赛中某辆汽车的(平均)速度 v ,就是那辆汽车的行驶距离 d (测量跑道的长度和统计汽车驶过的圈数而得)除以所经过的总时间 t (用跑表测量)。通常,平均速度可按下式定义:

$$v = \frac{d}{t}$$

定义 一个物理量的量纲是定义它的那些基本量(或导出量)的因子。我们把这些因子放在方括号内来表示一个量的量纲。因此,长度和时间的量纲就是 $[l]$ 和 $[t]$,而速度的量纲可按照其定义求得为长度除以时间,即 $[l/t]$ 。

面积和体积的量纲也与 $[l]$ 有关。一个边长为 a 和 b 的矩形(图1.8)的面积 A 为:

-
- 1) 同样,现在也把米定义为气体氩在受到电激励时所射出的橙色光波长的 $1,650,763,731$ 倍。
 - 2) 第六个基本物理量是发光强度,但它只用于光度学这个专门领域(见13.6节)。