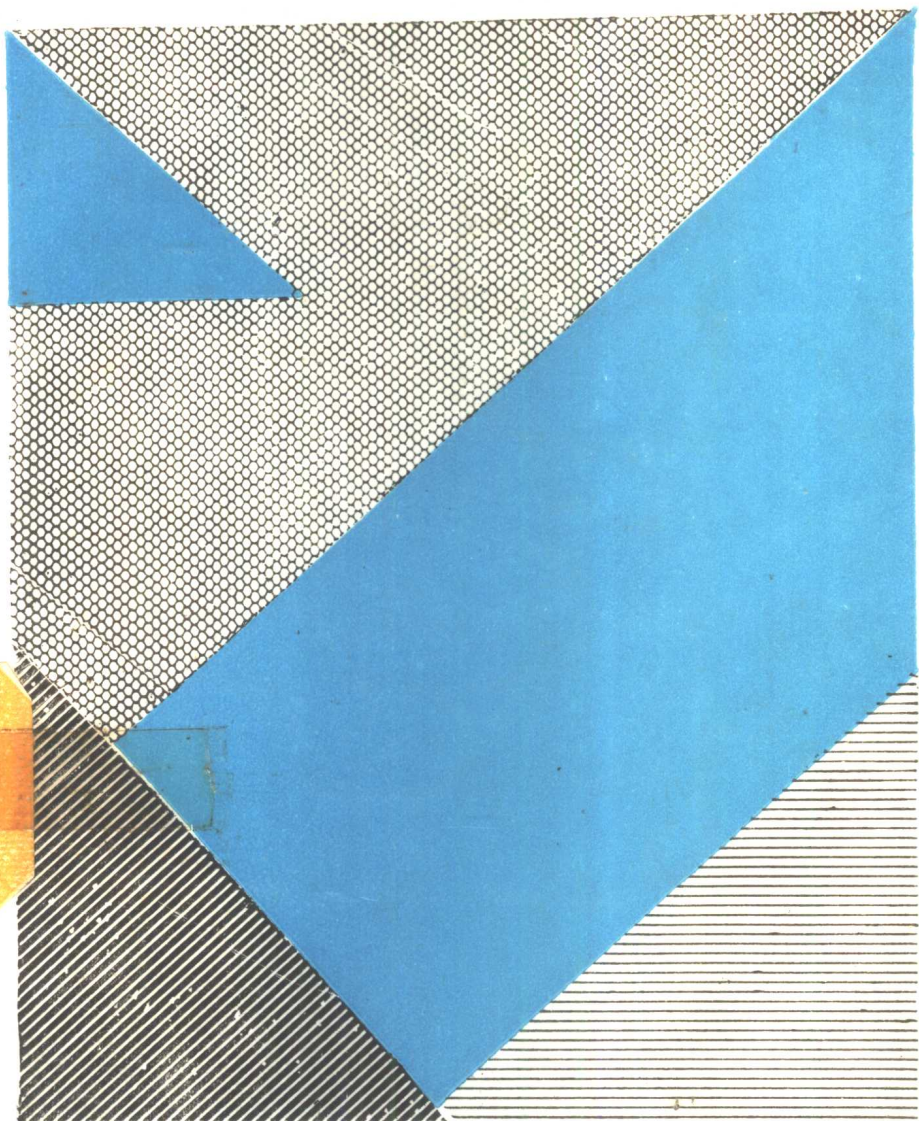


物理学史选讲

关 洪



高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

· 本书系根据作者多年讲授物理学史课程的材料编写而成。

· 本书主要介绍伽利略以来近代物理学的发展,着重阐明物理学基本概念的形成和发展,以及物理学思想的演进和更替。书含有一些一般的物理教科书中未曾提及的内容,这些内容有助于读者更好地理解到物理学的本质。

· 本书论述严谨,层次分明,文笔流畅。无论对大、中学物理教师、大学生还是科学史和哲学工作者,都是一部很有价值的参考读物。

物理学史选讲

关 洪

*

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

高等教育出版社印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 12.625 字数 320 000

1994年4月第1版 1994年4月第1次印刷

印数 0 001—5 205

ISBN7-04-004547-8/0·1286

定价 6.80 元

前 言

本书是根据作者过去十年来在中山大学物理学系和哲学系多次担任物理学史课程的讲授材料写成的。

本书取材避免过于详细地列举史料(通过阅读其他参考书易于补足这一点),着重阐明物理学基本概念的形成和发展,以及物理学思想的演进和更替,特别是努力对几次物理学基本理论的重大变革作出说明。所以,本书除了主要针对物理学专业的大学生之外,也希望对其他专业的大学生,对大、中学物理学教师,科学史工作者和哲学工作者,都是一部有价值的参考读物。

书中有些内容,例如听觉和音律以及颜色视觉等,本来是与人类感觉机制密切相关的传统物理学课题,在认识论上亦有重要的意义。但是,由于科学日新月异的发展,今天的物理学教科书,除了个别的象《费曼物理学讲义》之外,均已将这些内容省去。作者希望,本书能在这些方面补充正选课程的不足,亦有助于读者体会到物理学的活力。

本书主要介绍伽利略以来近代物理学的发展。四百年以来,物理学早已成为一门成熟的科学,而且是人类文化中最精确的一部分知识。所以,今天全世界只有一部放之四海而皆准的物理学。基于这样的认识,我们认为不能够因为存在着“中国文学史”和“欧洲文学史”等等,就把物理学的历史也分解成这个国家或那个国家的物理学的历史,或者区成本国的和外国的物理学的历史。那样的区分只适用于那些不成熟的科学或者人文科学。例如,中医和西医都是科学,因为两者各有一套理论,也都能治病;但中医和西医都是不成熟的科学,将来成熟的医学必定是一门统一的医学。

中国古代的科学成就,无疑在人类文明史上占有光辉的地位。然而,我国古代文献记录下来的物理学知识,达到定量认识的并不

多;除了度量衡的运用外,主要体现在音律问题上.所以,我们把中国古代对物理学的贡献,主要集中在开始的两章里介绍.有志于全面了解我国古代对物理现象的观察、利用和解释,以及物理学在我国的发展历史的读者,可以通过别的途径另行学习.

本书正文的十章,是按物理学各分支的历史发展写成的,希望能给读者以对基本史实的大致了解.出于上面所讲的宗旨,在章节的安排上没有追求面面俱到,但亦包含了一些最主要的内容.此外,我们既然着重物理学思想和概念的发展,就不再详细叙述物理学各个专门领域的具体进展以及它们和新技术的关系.在这方面,我们同意一位科学史作者所讲的*：“许多读者都希望科学发展史的作品论述科学发展时,一直延续到最近时期,都希望它是一部有历史基础的当代科学教科书.这个看法似乎很吸引人,但却是完全错误的.”

由于本书是为学习过物理学课程的读者准备的,所以我们尽量避免复述一般教科书里的内容.特别对现代物理学理论,我们只着重介绍它产生的背景和建立过程,以补充在正课里过于简单的逻辑性陈述.关于一些实验描述和公式推导,估计读者会有困难的,在书末作为问题列出,并给以适当的提示.

作为本书的附录,我们提供了劳厄《惯性与能量》一文的中译文.爱因斯坦曾对这一工作评价说:“劳厄关于守恒假设的历史性研究,照我看来是具有持久价值的,我认为值得花力气单独出版这篇论文,以便学生们易于看到.”因为这篇文章已经对能量守恒的发现做了较详细的精辟阐述,所以在正文中不再安排这一课题.

由于条件的限制,我们不可能找到,更不可能读完全部有关的原始文献.在前言的最后,列出了一些一般的参考文献,凡是可以在这些书籍中找到的资料,我们在正文中不再一一注明.在各章里

* R. J. Forbes, E. J. Dijksterhuis, 刘珺珺等译,《科学技术史》,求实出版社(1985),序言.

列出了一些比较有价值的参考文献,当然只限于作者所能接触到的范围,因此并不是一份完备的文献目录.不过,对于一些有争议的问题,或者一些与一般说法不一致之处,我们尽可能指明出处,以便读者作进一步的了解.

本书的原型曾经在中山大学以油印讲义的形式使用过.感谢看过这份讲义稿的朋友们向作者提出过的宝贵意见.本书错谬之处,仍请读者不吝批评指正.

作者还感谢中山大学物理系的支持.

关 洪

1991年国庆节

目 录

前言	1
一般参考文献	1
第一章 基本计量和单位制	1
1.1 古代度量衡	1
1.2 米制起源	5
1.3 物理学单位制	9
1.4 计量基准的演变	13
第二章 音律问题	20
2.1 听觉和音律	20
2.2 古代音律	24
2.3 纯律	32
2.4 等程律	39
2.5 自然界是简单的吗?	45
第三章 近代物理学的兴起	52
3.1 古代物理学概述	52
3.2 近代力学的开端	58
3.3 伽利略的运动研究	63
3.4 伽利略的声学研究	69
3.5 伽利略和开普勒	73
3.6 伽利略的研究方式	80
第四章 牛顿时代	87
4.1 笛卡儿的力学原理	87
4.2 惠更斯的力学研究	93
4.3 牛顿的《原理》	100
4.4 万有引力	107
4.5 牛顿的研究方式	114
第五章 光和色	124

5.1	光速的有限性	124
5.2	几何光学及其解释	129
5.3	对光的本性的认识	135
5.4	颜色视觉	143
5.5	围绕牛顿颜色学说的争论	153
第六章	电和磁	163
6.1	古代对电磁现象的认识	163
6.2	静电学的早期发展	167
6.3	库仑定律	171
6.4	电流的发现	176
6.5	电流的磁效应	182
6.6	电磁感应	186
6.7	电磁场理论的建立	190
第七章	相对论	200
7.1	空间概念和运动相对性	200
7.2	运动物体的力学	205
7.3	运动物体的电磁学	211
7.4	相对论的诞生	219
7.5	爱因斯坦的广义相对论	228
第八章	原子论	238
8.1	古代原子论思想	238
8.2	近代原子论的复兴	242
8.3	对热的本性的认识	250
8.4	从气体分子运动论到统计物理学	257
8.5	电子的发现	267
8.6	原子结构	270
第九章	核和粒子	278
9.1	伦琴射线和贝克勒耳射线	278
9.2	核物理学的诞生	280
9.3	中子的发现	285
9.4	裂变和聚变	289

9.5 轻子和介子	293
9.6 守恒律和新粒子	299
第十章 量子论	304
10.1 量子概念的诞生	304
10.2 量子概念的发展	308
10.3 原子的量子论	311
10.4 量子力学的创立	323
10.5 波动方程的建立	327
10.6 波函数的诠释	336
附录 惯性和能量(劳厄)	341
1. 引言	341
2. 牛顿力学中的动量定律	342
3. 能量定律	347
4. 能流理论	352
5. 能量的惯性	358
6. 核物理学中能量的惯性	363
问题	367
人名索引	369

第一章 基本计量和单位制

1.1 古代度量衡^[1-3]

古人在日常生活和社会活动中,免不了要对各种物料的多寡进行测度和估量.但只有在物品和信息的交换和传递当中,才会有需要建立一种双方都接受的标准.在最早的交换活动中,只使用自然数——最简单的数目.例如,一柄斧子换两只羊,等等.随着社会的发展,这种论堆计件的计量方法变得不再能适应人们的需要,于是就出现了各种不同的计量基准.

古人最方便采用的长度标准,就是自己的身体或者其中某一部分.《孔子家语》说:“夫布指知寸,布手知尺,舒肘知寻,斯不远之则也.”就表示了这种意思.这句话里的“寻”,指两手平伸时所张开的水平长度;另有一个“仞”字,则指人身直立时的高度.在古制里,这两种长度单位都合八尺.

在汉语里,用作长度单位的“丈”又指男子,而“尺”亦兼指下臂骨之一.无独有偶,英语里的“foot”(英尺)既指脚又指长度单位.古埃及和巴比伦的长度单位“cubit”(肘尺,指肘尖到中指端的长度,约合0.5米)这个词,至今在解剖学里仍然是肘部的意思.

《史记·夏本纪》里说夏禹“声为律,身为度,称以出.”而英制长度单位“yard”(码)亦相传是十二世纪时的英王亨利一世鼻尖到大拇指端的长度.这种把计量基准归之于某一位当权人物的说法虽然未必可信,但也可能反映了在一些原始部族里由酋长负责,运用手捧臂量的方法来分配物料的历史事实.

即使是现代人,在日常语言里也常说一“拃”宽,两“指”厚,合“抱”粗,十“步”远等等.并且,在身边没有任何器具的情况下,利用自己的身体来作为度量手段,仍然不失为一种切实可行的近似方

法。

值得注意的是，中国古代是把度量衡基准同音律标准联系起来，并且把后者又当作前者的来源的。在《史记·律书》里，一开头就写道：“王者制事立法，物度轨则，壹禀于六律，六律为万事根本焉。”在《汉书·律历志》里，详细地写出了这方面的具体规定：

“度者，分、寸、尺、丈、引也，所以度长短也。本起黄钟之长。以子谷秬黍中者，一黍之广，度之九十分，黄钟之长。一为一分，十分为寸，十寸为尺，十尺为丈，十丈为引，而五度审矣。……

“量者，龠^①、合、升、斗、斛也。所以量多少也。本起于黄钟之龠，用度数审其容，以子谷秬黍中者千有二百实其龠，以井水准其概。合龠为合，十合为升，十升为斗，十斗为斛，而五量嘉矣。……

“权者，铢、两、斤、钧、石也，所以称物平施，知轻重也。本起于黄钟之重。一龠容千二百黍，重十二铢，两之为两。二十四铢为两。十六两为斤。三十斤为钧。四钧为石。……而岁功成就，五权谨矣。”

这里说的“黄钟”是用来确定标准音高的律管，理论上也把它作为度量衡单位的起源。但黄钟并无实物留存，所以又规定了“累黍法”，即以指定谷物果实为基准，黍广为分，千二百黍容积为龠，百黍重为铢等等。然而，所谓“子谷秬黍中者”是什么意思？有人说中等大小的北方黑黍，又有人说特选大号的高粱米。按“黍”是古代统称“五谷”的五种粮食作物之一。现今在华北一带仍有少量种植的黍子，其果实浑圆，外被黑壳，去壳后称黄米，形似小米而略大。文献上所称的“子谷秬黍”是不是今天的这种黍呢？如果不是它而是形状颇不规则的高粱米的话，那么黍粒是横排、竖排还是斜着排？中国的知识分子们经过两千年的争议，至今没有取得一致的认识。其实，《隋书·律历志》里早就讲了：“黍有大小之差，年有丰耗之异，前代量校，每有不同。”再说，即使天时地利的条件都一样，谁又能保证哪怕是原来同一品种的黍，经过那么多年的代代相传，

^① 龠，音 yue，古代容量单位，等于半合。

它还能保持完全不变的性状呢？看来，这种“谷物基准”比原先的“身体基准”强不了多少。此外，我们查一查就不难发现，英国衡制的最小单位“grain”（等于 1/7000 磅）原意即麦粒，而国际通用的宝石衡量单位“carat”（等于 1/5 克）则来源于一种长角豆种籽的阿拉伯语名称。^[4]这些单位命名，显然都留下了古代计量基准的印记。所以，精确地实行起来虽然有困难的“累黍法”，应当也是我们的祖先曾经使用过的一种计量规定的遗迹。不过，以上所讲的这些运用动物肢体或者植物种实来充当度量衡基准的原始做法，肯定是无法满足社会进步的需要的。

从以上所引述的记载还可以看出，中国很早就在长度和容积的单位上，基本上采用了十进制。据考证，在中国最早的文字记录——商代甲骨文里，已经出现了十进制的数字。在纪元前 330 年前后的《墨经》里，可以找到关于十进位制的论述。汉袭秦制，在《史记》和《汉书》里所载的度量衡单位名称，基本上是在秦代制定的。在三国时期或者晚些时成书的《孙子算经》里，又载有分以下的十进制长度单位（厘、毫……）和合以下的容积十进单位（勺、撮……）。到公元 992 年，宋代刘承珪又制定了一套两以下的十进制衡权单位（钱、分……）。这些计量单位的名称被一直沿用下来，其中只有两以上的衡权单位是非十进制的。李约瑟（J. Needham）曾对此评论道：“十进制数法的使用在中国是极古老的，可以上推到公元前十四世纪。在各文明古国当中，中国人在这方面是独一无二的。在把十进制用到度量衡中去这方面，他们尤其先进。……欧洲一直等到法国大革命的时候才开始这样做。”^[5]

在春秋战国时期，不仅各诸侯国的度量衡单位的量值、名称和进制有很大的差别，而且一国之内亦不尽相同。这种形势显然是同原来经济的不发达状况相联系的。纪元前 356 年，在商鞅的变法里，为秦国制定了划一的度量衡制度，接着铸造了标准的量器（方升等）和衡器（权），有效地推行了新的制度。这就是《史记·商君列传》上所说的“商鞅平斗桶、权衡、丈尺。”纪元前 221 年，秦始皇统

一中国,下令以秦制统一全国度量衡,并且颁布了诏书:“廿六年.皇帝尽并兼天下诸侯.黔首大安.立号为皇帝.乃诏丞相状,绾-法度量.则不壹.歉疑者皆明壹之.”刻有这道诏书的标准量器和衡器,不仅在黄河流域多处发现,就是在东北、内蒙和长江流域,也不断有所出土.在近年发掘出来的秦简里,除了载有以前已经了解到的每年定期对度量衡器具进行检定的规定之外,还有新发现的关于这些计量器具的允许误差范围以及误差超出指定范围时的处罚办法等规定^[6].例如,对衡器的允许误差一般为 $1/120$,对量器的允许误差一般为 $1/20$.由此可见,在秦代已经产生了一整套行之有效的关于度量衡制度的法令.对于留传下来的实物测定的结果表明,这些秦权和秦量之间的相对误差,仍然保持在合理的程度以内^[7].

秦始皇统一度量衡,结束了战国时代各自为政的混乱局面.虽然秦朝的统治不久就结束了,但她所制定的这一套计量单位,基本上为后来的各个封建朝代所沿用下去.它不但奠定了两千多年来我国度量衡单位制的基础,而且在这么大的范围内设立了和推行了一套具有充分的科学根据和法律保证的计量制度,在世界上恐怕也是头一次.

另一方面,秦代舍弃了自古流传下来的“身体基准”和“谷物基准”等利用动植物的一部分来做计量基准的原始办法,改用专门制造的实物来做“人工基准”,在当时说来也是一大进步.

然而,在此后两千多年的各个朝代里,这一套合乎科学的人工计量基准并没有持续地发挥作用.其中的原因,当然不是由于技术上的困难,而是由于理论和实际的严重脱节.在理论上,历代的文人学者们耗尽了无数精力去考证古籍上所记载的“累黍法”或者其他一些也许是更不可靠的计量方法,企图用“读经”的态度去解决本来属于科学的问题.而在实际上,由于社会的尤其是经济的原因,我国度量衡单位的量值总的说来渐趋增大,以利于收取实物地租和赋税的阶层.据考证,从秦代到清末,尺的量值约从 23 厘米增

到 32 厘米, 升的量值约从 200 毫升增到 1000 毫升, 斤的量值约从 250 克增到 600 克. 而且, 以上所讲的只是指每个时代官方的规定. 至于民间各地, 以及不同行业之间, 更是使用着五花八门的不同计量单位(例如: 建筑业所使用的“营造尺”不同于裁缝业使用的“布尺”; 又广东一带的“排钱尺”一直使用到解放前后), 只是到了现代, 才真正实行了全国范围的统一.

1.2 米制起源

现在我们将历史的舞台转移到欧洲. 近代工业、贸易和科学技术的迅猛发展, 必然会要求建立一套准确稳定且便于使用的共同的计量基准. 可是, 直到十八世纪时, 不仅欧洲的几个主要国家的度量衡制度都各不相同, 而且在一国之内的各个封建公侯辖区之间, 亦存在着严重的混乱. 此外, 这些国家的计量单位所采用的进制就象各国货币进制那样复杂, 即使部分地使用十进制的也并不多见.

为了避免人工计量基准易受到天灾人祸损坏的这一缺点, 早就有人提出, 应当根据一些恒定而规则的自然现象来确定易于复制的计量基准. 例如, 采用具有确定周期的单摆摆长来作为长度单位基准的建议, 就是这样一种新的自然基准的尝试. 1672 年, 法国天文学家里歇(J. Richer, 1630—1696)到南美洲靠近赤道的卡宴(法属圭亚那)去进行天文观察, 发现从巴黎带去的摆钟每天约慢 2.5 分. 惠更斯听说了这件事以后马上指出, 这是因为低纬度地区由于地球自转而产生的离心力较强的缘故. 实际上, 这是第一次发现重力加速度随地点而变化. 惠更斯随即建议, 采用纬度 45° 海平面处的秒摆摆长作为长度单位的基准. 这里说的秒摆即周期为 2 秒的单摆, 它的摆长只比后来的米略短一些.

十八世纪末的法国大革命促进了新的计量制度的建立. 1790 年, 法国国民议会决定改革度量衡制度, 并且接受讨论已久的以秒摆为基准的长度单位, 交给法国科学院负责此事. 科学院为此设立

了一个专门委员会,可是他们拒绝了秒摆基准,重新定义从北极通过巴黎到赤道的地球子午线的一千万分之一为长度单位米,并且定义一立方分米的、处在最大密度的温度下的水的重量为重量单位千克.这样就从米的定义出发,建立了一套全面采用十进制的度量衡单位系统,所以被称为“米制”.委员会一方面派遣科学家测量从法国的敦刻尔克到西班牙的巴塞罗纳的一段子午线的长度,另一方面由拉瓦锡等人对水的重量进行精密称量,积极地为米制做预备工作.在1793年的非常时期,由于政治上的原因封闭了法国科学院,拉瓦锡也被送上断头台.然而,度量衡委员会仍然保留下来,并且经过补充,拥有拉格朗日、拉普拉斯和勒让德等一批专家,继续进行工作.到1799年,他们把最后的测量结果铸成一个米原器和一个千克原器,分别作为长度和重量的基准,存放在法国档案局里.

后来发现,由于当初测量不够精确,上述米原器和千克原器分别比它们的定义有偏差 -0.02% 和 $+0.0028\%$.而且,事实上进行一次子午线测量是一项耗时费力的工作,根本不可能随时重复实现.所以,后来实际上都舍弃了以地球子午线长度为基准的出发点,而改用本来作为副基准保存的米原器和千克原器作为原始的计量基准.这样一来,又从难以掌握的自然基准回到了人工制造的基准.

回顾那被否定的建议,只要选择好适当的地点,秒摆的长度不难随时在实验室内确定出来.人们不禁要问:为什么当初法国人竟决定舍易取难,采用很难重复的子午线测量来确定长度基准呢?新近的研究表明^[10],原来当时法国科学家正有一个大地测量的计划,目的在于改进地图绘制工作和确定地球的大小和形状,但却因为缺少经费而进展迟缓.于是,他们正好利用了度量衡改革的机会,以确定长度基准的名义向政府取得拨款,以着手进行对于他们的计划至关重要的、通过巴黎的子午线的测量工作.此外,科学家们也希望从政府方面接受一项长期的复杂任务,免得在社会急剧

变革的关头被认为无所事事而处境困难。看来,这些社会因素的影响,的确延缓了近代计量单位自然基准的实际使用和推广。

我们可以把这种基于地球尺度的长度定义归属于“天地基准”,因为在实行这种定义的过程中,既需要进行天文观测,又需要进行大地测量。此外,地球本身不也是一个天体吗?毛泽东的著名诗句“坐地日行八万里,巡天遥看一千河”,就颇为准确地反映了米的原始定义。可是,最早实行长度的“天地基准”的并不是法国人,而是中国的一位富于自然科学修养的皇帝爱新觉罗-玄烨(康熙,1662—1722年在位)。为了绘制精确的全国地图而统一长度单位里的量值,他同比利时传教士安多(Antoine Thomas, 1644—1709)讨论决定,将里的长度同地面纬度 1° 的长度联系起来。康熙还派皇子胤祉协助安多,于1702年开始进行子午线测量工作。结果测定纬度 1° 等于195里6步。于是康熙决定取 1° 为200里的新量值。虽然这一定义后来并没有得到全面贯彻,但它的确定要比欧洲人早大约九十年。^[11]

十八世纪末在法国是一个到处造反的年代,连一年十二个月都统统改成了新的名称。各种计量单位的名称也不例外,据说除了容量单位“升”(litre)还沿用着革命前的称呼(litron)以外,全部都重新加以命名。到1799年底,法国政府公布法令,正式建立米制。经过了四十年的逐步推行,到1840年米制终于在全法国境内取代了旧制,成为普遍使用的唯一的一种计量制度。

米制的简单性和科学性适应于人们正在寻求的一种国际间通用的计量制度的要求,逐渐被欧美的一些国家接受,在这方面建立国际合作的时机日趋成熟。1875年在巴黎举行了有二十个国家代表参加的会议,签订了“米制公约”,并决定成立国际计量组织。会后参照保存在法国档案局的米原器和千克原器,制作了一套新的国际原器。在1889年举行的第一届国际计量大会上,批准了米的国际原器和千克的国际原器分别作为长度单位和质量(而不再是重量)单位的基准,并且规定了它们同保存在各个国家的副基准之

间的关系.从此,米制就成为一种国际性的计量制度.

一百多年来,世界上绝大部分国家包括我国都已参加了国际计量组织.例如,1963年英国决定废除作为独立基准的英制长度基准和质量基准的码原器和磅原器,改用米制单位来定义英制单位,即:

$$1 \text{ 码} = 0.9144 \text{ 米},$$

$$1 \text{ 磅} = 0.45359237 \text{ 千克}.$$

随后又决定逐步全面地从英制过渡到米制(国际单位制).

我国早在清朝末年就开始着手按照米制来改革度量衡制度,1909年从国际计量局取得了一套复制的基准原器.辛亥革命后,北洋政府曾于1915年公布《权度法》,规定采用“米突制”为辅制,并按米制原器的比例来确定“营造尺库平制”的标准.但由于当时政治局势不稳定,没有产生多大影响.

1928年,民国政府公布《权度标准方案》,规定“万国公制(即米突制)”为标准制,“以与标准制有最简单之比率而与民间习惯相近者为市用制.”1929年,民国政府公布据此制定的《度量衡法》.1934年,当时的教育部又颁布《度量衡单位命名法》.不幸的是,这两种对米制单位的命名并不一致,前者反映了官员和文人的意见,沿用传统名称冠以“公”字以保存国粹;后者反映了科学家的主张,采用音译以利于国际交流.由此造成的混乱,至今仍是我国计量单位名称统一的一大障碍.

解放后,1959年国务院发布《关于统一我国计量制度的命令》,规定“国际公制(即米突制,简称公制)……确定为我国的基本计量制度.”“原来以国际公制为基础所确定的市制,在我国人民日常生活中已经习惯通用,可以保留.”

1977年5月,国务院发布施行《计量管理条例(试行)》,规定“我国的基本计量制度是米制(即‘公制’),逐步采用国际单位制,目前保留市制,要逐步改革.”

1984年,国务院发布《关于在我国统一实行法定计量单位的

命令》，决定“在采用先进的国际单位制的基础上，进一步统一我国的计量单位”。“……市制计量单位，可以延续使用到 1990 年，1990 年底以前要完成向国家法定计量单位的过渡。”而 1985 年由全国人大通过的《计量法》第三条明确规定：“国家采用国际单位制。国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位，为国家法定计量单位。”

由以上举出的政府文件先后提法的改变，以及日常所见到的实际执行情况可以看出，一种新的计量制度的贯彻决不是一项轻而易举的工作，对于文化和科学尚不发达的国家便更是这样。

1.3 物理学单位制

十九世纪六十年代，麦克斯韦参加了英国科学促进协会属下的标准委员会的工作，研究电磁学单位和电阻基准问题。按照麦克斯韦的意见，每个物理量都可以表示成一个纯数和一个单位的乘积。鉴于英国度量衡制度里存在着五花八门的进制，他指出，在计算中必然要出现的繁复的换算因子，简直是一种“产生错误的丰富源泉。”麦克斯韦强调，应当采用一种由少数基本单位有系统地建立起来的一致单位制。所谓“一致”(coherent)的意思是，当从基本单位推演其他单位(导出单位)时，所使用的关系式(物理定律或定义式)不含有不等于 1 的比例常数。这样得到的各种单位的量值之间，自然有着尽可能简单的关系，从而避免了物理公式里麻烦的数值因子。麦克斯韦还详细地讨论了，当选取长度、时间和质量这三个力学量为基本量时，在不同的电磁学单位制里各个单位的量纲关系。委员会采纳了麦克斯韦的意见，并于 1873 年公布决定，选择米制中的厘米、克和秒为基本单位。这就是大家所熟知的厘米、克、秒单位制(CGS 制)的由来。

早在 1822 年，傅里叶在他的《热的解析理论》里第一次讨论了量纲问题^[13]。当时他使用的基本物理量是长度、时间和温度。1832 年，高斯提出，使用质量、长度和时间这三种单位作为基本单位来