

新世纪百科
知识金典
XINSHIJI
BAIKE ZHISHI
JINDIAN

重庆出版社

漫游 物理天地 2

任伟德 编著



新世纪百科
知识金典
XINSHIJI
BAIKE ZHISHI
JINDIAN

漫游 物理天地 2

任伟德 编著

重庆出版社

责任编辑 黄 坚
封面设计 金乔楠
技术设计 刘黎东

新世纪百科知识金典

漫游物理天地 2

任伟德 编著

重庆出版社出版、发行 (重庆长江二路205号)
新华书店经销 重庆新华印刷厂印刷

*

开本850×1168 1/32 印张7 插页4 字数164千
1999年4月第一版 1999年4月第一版第一次印刷
印数:1—5,000

*

ISBN7-5366-4181-8/O·23

定价:10.00 元



新世纪百科知识金典

◆ 顾问(以姓氏笔画为序):

马少波	王伯敏	刘厚生	乔羽
冰心	全山石	江平	杨子敏
李家顺	张岱年	张振华	柯灵
柳斌	铁木尔·达瓦买提		
桑弧	桑桐	秦怡	蒋孔阳
翟泰丰	蔡子民	滕藤	滕久明
戴爱莲	魏巍		

◆ 总主编:

张虞 李书敏

◆ 副总主编:

许友梅	陈金才	熊静敏	黑淑琴
蒲华清	薛振安	柏家栋	傅之悦

◆ 总编委(以姓氏笔画为序):

文晓村	王中玉	叶延滨	曲炜
许友梅	陈金才	吴申耀	李书敏
李荣昌	沈寂	张虞	张文槐
杨巍	郑达东	郑可仲	单树瑶
柏家栋	钟代福	徐卓平	夏树人
梁子高	曾如信	傅之悦	黑淑琴
蒲华清	缪新亚	熊静敏	薛振安



目 录

历史上典型的计量单位基准	1
近代物理学的新成就与计量技术	6
物理学与高技术	14
物理学与现代战争	19
物理学与农业	23
绝对零度	27
“真空”放电和阴极射线	31
对 e/m 的测量及证实电磁质量	33
电荷量子化的发现	39
测定基本电荷	43
麦克斯韦的电磁理论	48
寻找磁单极子	53
电磁波的发现	57
电磁波谱	60
光速的测定	62
X射线的发现和晶体衍射	68
光放大器	72
α 粒子散射实验证实原子核	79

光谱研究和原子结构	83
天然放射性的发现和研究	88
探索基本粒子	93
场与实物	96
电子的衍射	
——实物粒子的波动性	99
真空是什么	102
光电效应和普朗克常量的量子意义	108
迈克耳孙 - 莫雷实验对“以太”的否定	113
能量转变量子化的证明	120
黑体辐射、紫外灾难和普朗克的量子理论	122
经典物理学的顶峰和随之而来的危机	125
X 射线天文学	
——一门新兴的学科	128
宇宙线物理学	
——当代科学的前沿之一	131
关于“热寂说”	137
如果有一个麦克斯韦妖精,能够使宇宙不坠入热死吗	143
宇宙的来源	146
关于引力性质的争论	153
自然界的常数和时间的	157
宇称守恒与不守恒	164
用之不竭的能源——核聚变	168
超导探索	172
模压全息显示技术	178
致冷技术种种	181
半导体给人类带来的巨变	186
不用电和机械的控制技术——射流	190

形形色色的新材料	197
超声和次声	205
实验在物理学发展中的作用	210

历史上典型的计量单位基准

在古代,因生产的需要,人们需要进行测量。例如对土地的测量和对谷物的测量。因此,最早开始的是对长度和重量的测量。我国古代,四五千年前就记载有度量衡。史书记载,黄帝设立了度、量、衡、里、亩五个计量单位。大禹治水时,用规矩和准绳进行实地测量,这就有个计量单位问题。为了统一计量单位,大禹用自己的身高作为长度单位、体重作为重量单位。商代出现的商品交换,为度量衡的产生创造了条件。2 000 多年前,秦始皇统一度量衡制度,是对春秋战国以来度量衡的发展在技术和管理制度方面的进一步规范化和标准化。

在世界上,埃及和古巴比伦的计量开始得较早。在埃及数千年的纸莎纸古卷中,出现过人的前臂图形,这就是“腕尺”的标志。这是以自肘至指尖的长度作为最早的计量单位基础的,长约 18 英寸(约 457.2mm)。相传公元前 2 000 多年,埃及第四朝法老就是按照腕尺来建造金字塔的,塔底每边长约 500 腕尺,如今测量每边长约 210m。

这种以人体的某一部分或植物定义为度量衡单位,并以此制作计量标准,不断创造出来。例如,英里大致相当于 1 000 步。16 世纪末,英国女王贝斯将英里增大了 280 英尺,恰好相当于 8 浪(furlong)。码是由古英语中 giend 一词演变而来的,亨利一世将其手臂向前平伸,以其鼻尖至指尖间的距离定为一码。公元 10 世纪,英王埃德加以其拇指关节之间的长度定为 1 英寸。查理曼大帝以其足长定为 1 英尺,约合现在的 12.7 英寸。英为中“脚”和“英尺”为同一个词 foot,就是这么来的。

在重量方面,古人曾以小麦(或大麦)粒计量,一颗麦粒为一“谷”。计量宝石、珍珠的单位“克拉”一词,是由角豆树籽一词派生而来的。

这些以人体或植物某一部分为计量标准的东拼西凑的人为规定,使度量衡制度出现了日益混乱的局面。

在计量单位的倍数方面,古人的计量单位倍数也是很好笑的:

比“1”大的十进数词有:

十、百、千、万、亿、兆、京、垓、秭、穰、沟、涧、正、载、极、恒河沙、阿僧祇、那由他、不可思议、无量数。

比“1”小的十进数词有:

分、厘、毫、丝、忽、微、纤、沙、尖、埃、渺、漠、模糊、逡巡、须臾、瞬息、弹指、刹那、六德、虚空、清净。

计量学作为一门学科出现,是在18世纪以后。牛顿力学使经验科学上升为理论科学之后,计量学才成为一门专门学科出现在世界上。牛顿力学达到了相当高的精确度(在工程领域),人们发现各科物理量之间普遍存在着一定的联系,因此计量单位制的概念也就逐步形成了。从古代的“度量衡”(指长度、容量和重量)的测量发展到各种物理量的测量,早已突破了“度量衡”的范畴。就我国目前根据观测量来分类,大体上可分为十大类计量:几何量、温度、力学、电磁学、电子、时间频率、电离辐射、光学、声学、标准物质。每一类中又可分若干项:

1. 几何量计量:

分端度量、线纹计量、角度计量、直线度计量、平面度量、表面粗糙度量、精密测量。

2. 温度计量

分超低温、低温、中温、高温、超高温计量。

3. 力学计量

分质量、容量、密度、力值、压力、真空、流量、力矩、速度、加速度、硬度、冲击、振动等。

4. 电磁学计量

(1)按学科分,有电学计量和磁学计量两大类。

(2)按工作频率分,有直流计量和交流计量两部分。

常用的几项:

电流、电压、电阻、电感、电容、交流电量、磁通、磁感应强度、磁矩、磁性材料磁特性计量。

5. 电子计量

主要参量有:高频电压、高频功率、噪声、衰减、微波阻挠、相移、高频电流、电磁场强度、电感、电容、Q值、频率、波长、失真、调幅度、频偏、脉冲、介质损耗、电压驻波比、复数反射系数、晶体管参数、集成电路参数等。

6. 时间频率计量

包括时间和频率两部分。

7. 电离辐射

一般包括放射性核素计量、X射线、 γ 射线和电子计量、中子计量。

8. 光学计量

包括光度、辐射度、色度、激光、光学材料的光参数、成像系统及光学元件的质量评价等。

9. 声学计量

分无源的计量和有源的计量两类。

10. 标准物质

(1)按技术特性分,有化学成分标准物质、物理化学特性标准物质和工程技术特性标准物质。

(2)按学科或专业分,可分为地质学、物理化学等十几类。

历史上计量单位的统一,是从米制开始的。1742年,法国

一个科学家小组对当时法国用的“法尺”和“法国公斤”与英国用的“英尺”和“磅”作了比较,发现法国的这两个单位比英国的分别大了约6%和8%。于是他们想找一个实用的、不分国家的、国际性的计量单位,以使用这样的单位作为基础,来统一各国的计量单位。

长度单位,根据法国科学院建议,1791年法国国民议会通过了只以长度单位“米”作为基础的计量单位制的原则。“米”的定义为经过巴黎的地球子午线的四千万分之一,并且定义1立方分米的纯水在4℃时所具有的质量为“公斤”。

1791年在法国国民议会做出上述决定不久,科学家们实测了敦刻尔克(Dunkerque)和巴塞罗那(Barcelona)之间地球子午线的一段弧长和1立方分米纯水的质量,根据测量结果,用铂制成了体现米的基准器和体现千克的基准器,即“米原器”和“千克原器”,于1799年6月被保存在法国档案局,并在法律上分别赋予这两个基准以“1米”和“1千克”的值。但是不久发现“档案米”比经过巴黎的子午线四千万分之一的长度约短0.2mm,“档案千克”也并不等于1立方分米的纯水在4℃时的质量。法国创立的米制,逐渐被许多国家采用。1867年巴黎世界博览会期间,人们发现来自世界各地的各种产品计量单位极为复杂,换算困难,在世界工业巨大发展的影响下,一些科学家创建了度量衡和货币委员会。

1869年,法国政府邀请一些国家代表在巴黎召开“国际米制委员会会议”,有24个国家派代表参加,会议认为应该复制“米”和“千克”原器分发各国使用。1875年3月1日,法国政府在巴黎召开“米制外交会议”,有20个国家派政府代表和科学家参加,会议批准了国际米制委员会的建议,于1875年5月20日正式签署了“米制公约”,有17国代表在公约上签了字,公认米制为国际通用的计量单位制,并决定成立国际计量委员会和国

际计量局,组织制造铂铱合金“米”、“千克”原器。1889年,国际计量局完成了重新制作“米”、“千克”原器的工作。同年在巴黎召开了第一届国际计量大会,从所制造的米尺和砝码中选出了作为统一国际长度和质量单位值的米尺和砝码,称为米制的“国际原器”,由国际计量局保存,大会还批准将其余的米尺和砝码发给米制公约签字国,作为各国的最高计量基准器。各国的基准器定期向国际计量局的国际原器比对,以保证其量值一致。

至1985年12月,世界上共有47个国家参加米制公约。我国政府于1975年即米制公约的一百周年之际在米制公约上签字,成为成员国。

“米”和“千克”国际原器是人类第一次在国际上统一的计量单位实物基准,与古代用人体、植物的一部分相比有客观、公正、准确的优点。

但是,实物基准是有缺陷的,至少有以下几方面:

(1)是人为确定的,因此世界各国必须定期比对,以确保量值的统一。

(2)作为基准的原器,保存是相当重要的,因为一旦损坏,就无法复原。

因此,随着科学技术的发展和测量准确度不断提高,人们用自然基准代替实物基准。例如“米”的定义后来有几次变迁:

1960年第11届国际计量大会决定,把米的定义改为“米等于氪-86原子的 $2p^{10}$ 到 $5d^5$ 能级之间跃迁时的辐射在真空中波长的1 650 763.73个波的长度”。

1983年第17届国际计量大会上又将米的定义改为“米是光在真空中于 $1/299\,792\,458$ 秒时间间隔内所经过的距离”。

采用自然基准有利于量值的准确复现。现在,在法定计量单位的七个基本单位(长度单位:米、质量单位:千克、时间单位:秒、电流单位:安培、热力学温度:开尔文、物质的量:摩尔、发光

强度:坎德拉)中,只有千克还是用实物基准——千克原器)。

近代物理学的新成就与计量技术

科学从测量开始。任何一种现象的最重要方面是可测量的问题。可以说,没有测量就没有科学,没有精密的测量就没有先进的科学技术。

计量促进了近代物理的发展,近代物理的新成就又推动了计量的发展,从而把计量测试技术提高到新的水平。以下对几种近代物理学的新成就在计量技术中的应用略作简介。

一、激光

1. 激光测长

现在测量长度实际上都采用激光测长。有三种方法:

(1)激光干涉测长:以激光波长为基准,测量干涉条纹数目的变化并变为长度的变化。测量几十米长度能精确到 $1\mu\text{m}$ 之内。

(2)激光调制测距:对几毫瓦功率的激光加以强度调制,然后接收照射到被测物的反射光,求出发射光和反射光信号调制波的相位差。测量几千米距离可精确到 1cm 之内。

(3)脉冲激光测距:以光速为基准,与微波雷达原理相同。测量几千米的距离能精确到几米。

2. 激光微定位

用激光来精密确定近距离物体间的相对位置就是激光微定位。

微定位在微电子技术中十分重要,例如制造集成电路,要求

套准精度为 $1\mu\text{m}$, 而机械的精密丝杆只能达到 $4 \sim 5\mu\text{m}$ 。

3. 激光测微小角度

(1) 测量小转角: 用氦-氖激光器可测到 $6 \times 10^{-6} \text{ rad}$ 。

(2) 测量固定的微小角度: 误差不会超过 0.05% 。

4. 激光测流速

自从 1964 年激光流速计问世以来, 现已成功地用于测定风洞中的高速气流、发动机内的气流、火箭燃料流速、火焰流速和风速。

5. 激光测电流

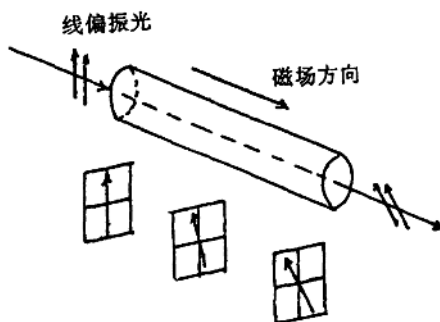


图 1

激光测电流是利用法拉第磁光效应及磁场和电流的关系。法拉第磁光效应如图 1。当线偏振光沿磁场方向通过置于磁场中的各向同性物质时, 其偏振面会发生旋转。

激光电流计有下列特点:

(1) 可作非接触测量。只要把轻便的磁光变换器接近输电线, 其余设备都可放在地面上。

(2) 工作频带很宽, 可测从直流到上升时间数微秒的脉冲电流。

(3) 特别适宜测量大电流 ($10^2 \sim 10^3 \text{ A}$ 以上), 不会因电流突然增加很多而损坏设备。

6. 激光测电压

颇为有趣的是, 存在着与磁光效应相对应的电光效应, 即当

线偏振光通过电场作用下的介质时,偏振面会发生旋转。

激光电压计是利用电光效应做成的。在 100kV 以下准确度虽然为 1%,但分辨高压脉冲能力强,可测量峰值为 5 ~ 300kV,上升时间仅为 $1\mu\text{s}$ 的高压脉冲。

二、核磁共振

什么是核磁共振?共振是常见的物理现象。收音机、电视机里的“调谐”可以说是“电磁共振”。核磁共振是因为原子核有磁矩,做自旋运动的原子核就像一只陀螺(称为核陀螺)。当我们以电磁波照射样品,且当电磁波的频率与核的拉摩进动^①频率相一致时,超量核^②与周围其他的核发生能量交换,从而产生样品的核系统不断吸收外界电磁波能量的现象。

核磁共振方法在计量上的应用有:

1. 复现电流单位;
2. 测量磁场强度;
3. 定量分析化合物。

三、光抽运和塞曼效应

所谓光抽运,是指用光照射的办法,引起原子状态在相应能级间的跃迁,造成原子从低能级“抽运”到高能级上。在一些书上也叫“光泵”。

实现光抽运的方法是用发射光谱波长等于原子从基态到第一激发态的两个精细能级的光波波长的光,使原子从基态跃迁

① 当垂直于自旋转方向的分力不为零时,陀螺会产生进动。核陀螺的这种进动称为拉摩进动。

② 在平衡态时处于低能级上的核子数超过在高能级上的核子数,超过的这一部分核子数叫超量核子数。这一部分核称为超量核。

到激发态,造成基态塞曼能级间显著的粒子数差,从而诱发基态塞曼能级间的共振跃迁。

所谓原子能级的塞曼分裂,是指在磁场中原子激发光谱每一条光谱线都分裂为若干条分立的谱线。

光抽运在计量中的应用:

1. 原子时间频率标准

既然原子在能量差为 ΔE 的两个能级之间跃迁时,会吸收或放出电磁波,其频率和能量间关系为 $f = \frac{\Delta E}{h}$,并且原子能级只能取某些分立的特定值。所以如果能控制原子只在某两个特定能级间跃迁的话,原则上说就能作为原子频率标准。实用上,氢-133 和铯-87 三种原子的超精细结构跃迁频率分别为 1 420.405 762MHz,9 192.631 770MHz 和 6 834.682 605MHz,可作为频率标准。铯原子钟具有最好的长期稳定性,我国自行研制的铯原子钟准确度为 8×10^{-13} ,接近国际先进水平。

2. 测量磁场强度

一种以⁴He 为样品的光抽运磁强计测量范围为 $3 \times 10^{-5} \sim 6 \times 10^{-5}$ T,灵敏度优于 10^{-10} T,现在已可达到 $10^{-11} \sim 10^{-13}$ T,仅次于超导量子磁强计。

四、约瑟夫森效应

1. 什么是约瑟夫森效应?

约瑟夫森曾预言,当两块超导体之间构成弱耦合(两块超导体之间被一层极薄,如 1~2nm 厚的氧化层的绝缘层所隔开,或经过长 $1\mu\text{m}$ 、宽 $1\mu\text{m}$ 的“桥”所连接时,或有细尖的超导体形成半径约 $1\mu\text{m}$ 的点接触)时形成一种叫约瑟夫森隧道效应结。约瑟夫森效应包括下列三种效应:

(1)直流约瑟夫森效应

一个约瑟夫森结在没有外加电压时能产生电流。这个零电压电流有一个最大的临界值。磁场会对临界电流产生影响。

(2) 外部感应交流约瑟夫森效应

当一个约瑟夫森结受一个频率为 f_i 的电磁波照射时, 它的电流 - 电压曲线呈阶梯状, 如图 2。结电压是一级一级上升的。据此, 可获得高精度的电压源。

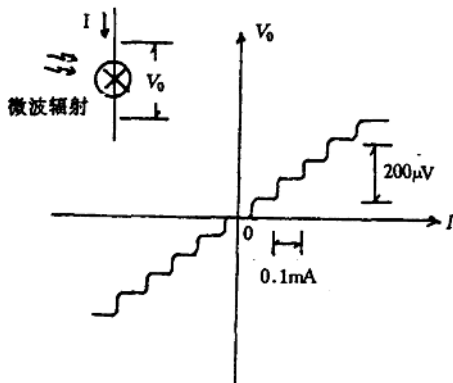


图 2

(3) 内部感应交流约瑟夫森效应

如果在约瑟夫森结的结区两端加上一直流电压 V_0 , 这时结电流大于临界电流, 此时流过结的直流电流已不是超导电流。于是在结区会出现高频的超导正弦波电流。这时约瑟夫森结是一个压调振荡器, 可以制成高频转换的混频器。

2. 约瑟夫森效应在计量中的应用

(1) 约瑟夫森电压标准

利用外部感应交流约瑟夫森效应。从一些国家公布的数据来看, 约瑟夫森结和标准电池相比较, 准确度已达 1×10^{-8} , 预