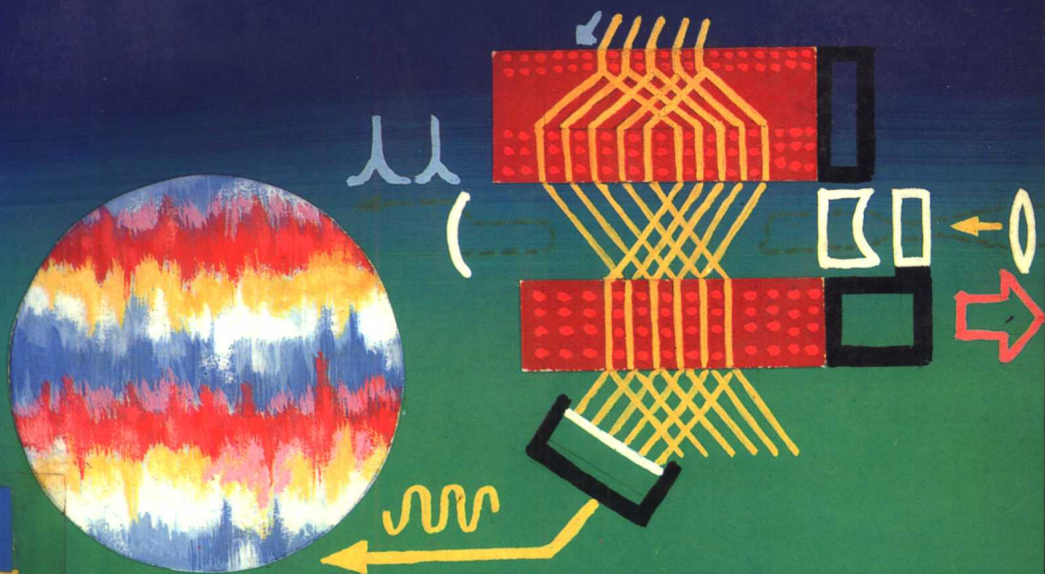


# 新编物理量单位基础

中国计量测试学会科普与教育工作委员会 组编



中国计量出版社

# 新编物理量单位基础

中国计量测试学会科普与教育工作委员会 组编

中国计量出版社

(京) 新登字 024 号

图书在版编目 (CIP) 数据

新编物理量单位基础/中国计量测试学会科普与教育工作委员会组编. -北京: 中国计量出版社, 1995. 8

ISBN 7-5026-0734-X

I. 新… II. 中… III. 物理量单位-国际单位制-计量单位-基本知识 IV. TB91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 04263 号

新编物理量单位基础

中国计量测试学会科普与教育工作委员会 组编

责任编辑 谢济安

中国计量出版社出版

北京三里河所址  
邮政编码 100013

中国计量出版社印刷厂印刷

地址 北京三里河所址

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

\*

开本 850×1168/32 印张 9.125 字数 230 千字

1995 年 10 月第 1 版 1995 年 10 月第 1 次印刷

\*

印数 1—3500 定价: 11.00 元

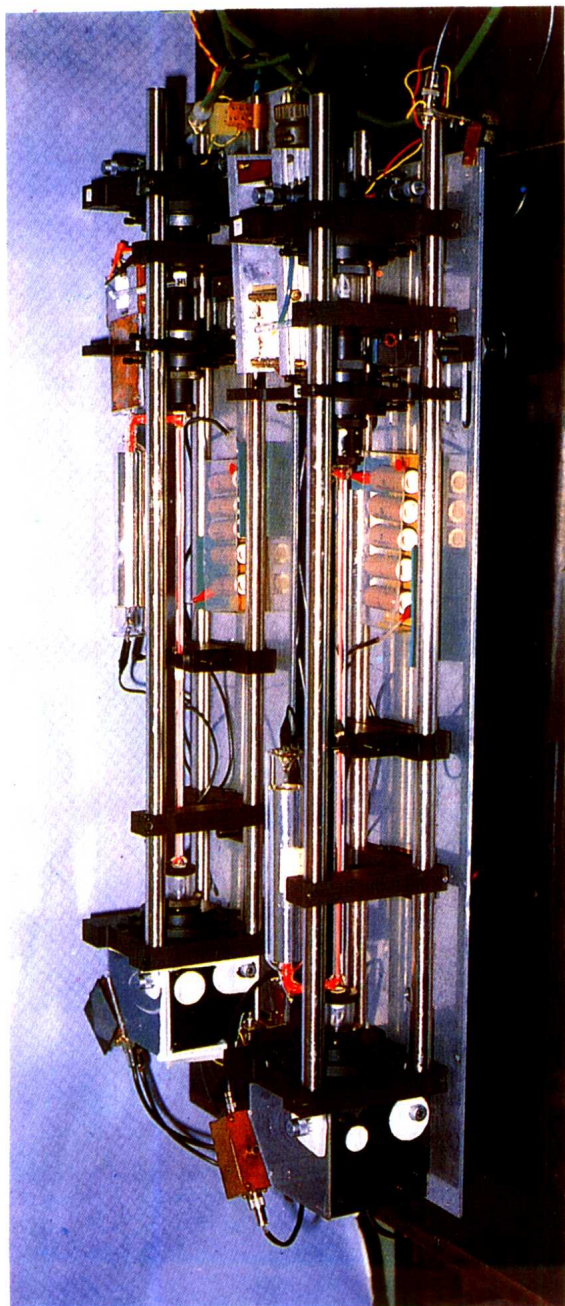


图 1. 612 nm 激光波长基准

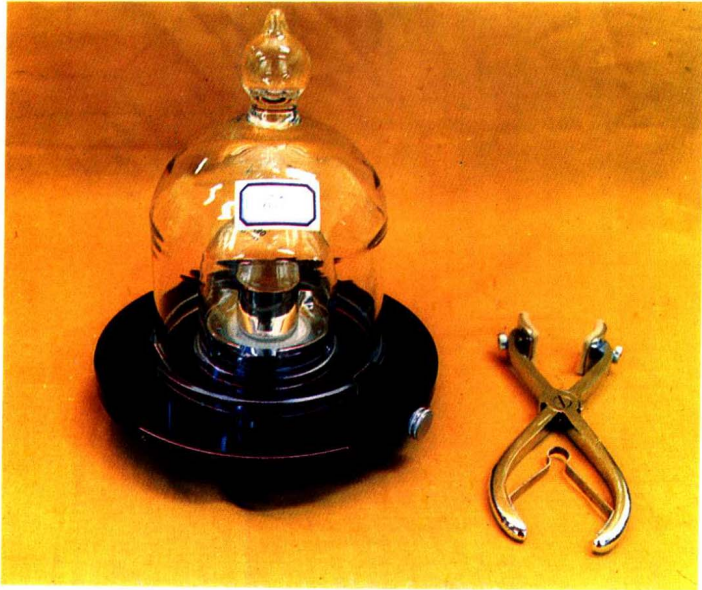


图 2. 国家千克基准

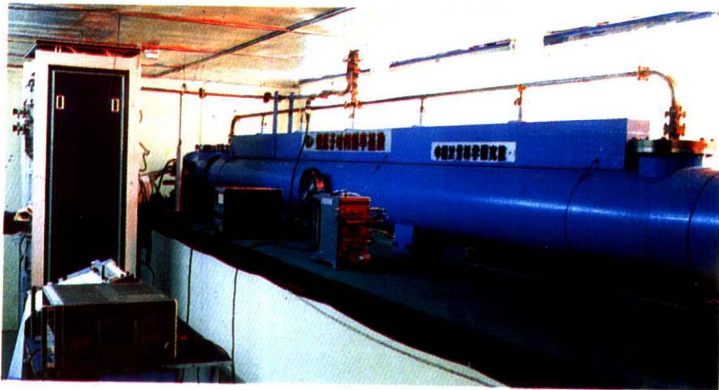


图 3. “秒”时间频率基准



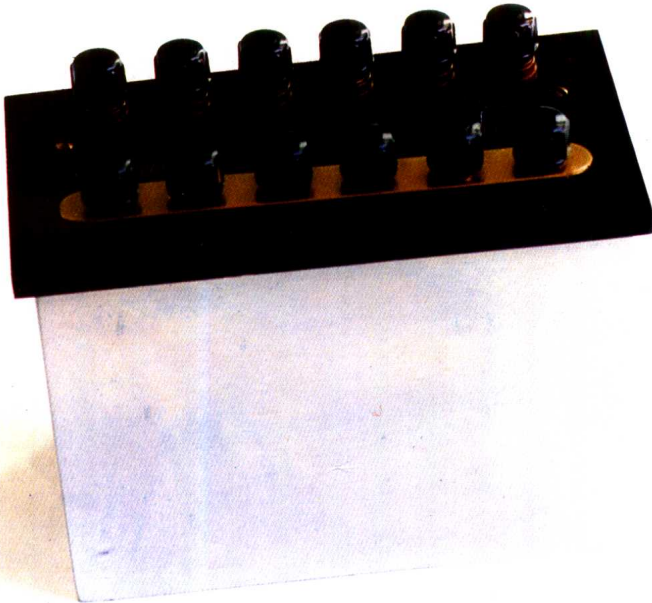


图 4. 国家电池电阻基准

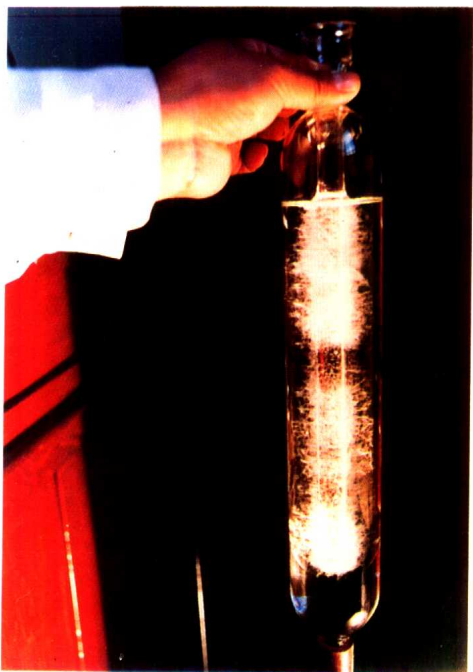


图 5. 水三顶点温度基准

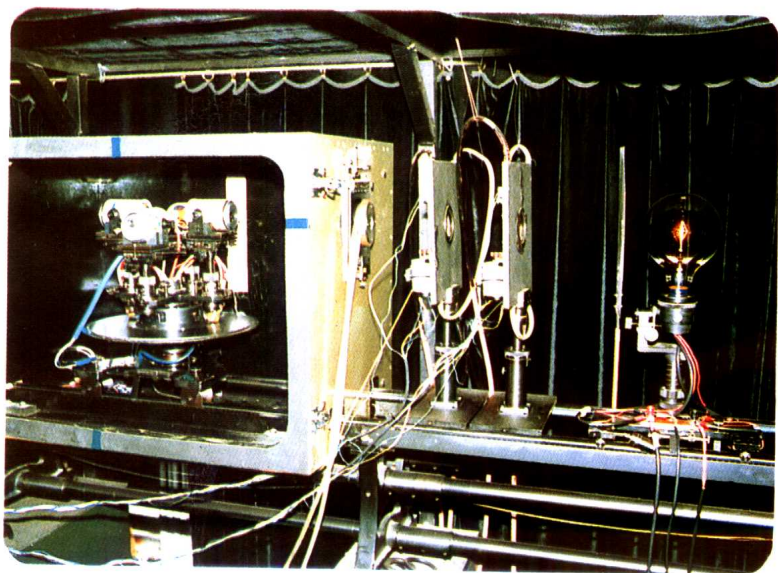


图 6. 国家光度基准

## 编委会名单

主 编 东 征

副主编 王轼铮 葛楚鑫

委 员 王天谥 吴晓敏 韩重生 解连达

特约审稿 王立吉 倪育才

撰稿者

第1章 王天谥

第2章 沈乃澄

第3、4章 倪育才

第5章 沈乃澄 葛楚鑫

第6章 马凤鸣

第7章 刘瑞民

第8章 张国权

第9章 陈遐举

第10章 罗涤明

DAG 35/03



## 序

物理学是一门以实验为基础的科学，通过了解自然界各种物质的存在、形态、结构组成以及物质的运动，研究物质间相互作用的普遍规律。物理定律的量化准则，即物质的某种物理性质一般都以数量的大小（物理量或物理参量）表达出来，而表征各物理量间的相互作用和规律，在物理学中均用严格数学公式表达。因此，只有对各物理参数作准确的测量，才能验证物理定律的正确性。作为物理学一个重要分支的计量学，就是研究各种物理量单位量值的确定和各种物理量测量方法的科学。物理学是一门基础学科，而计量学是物理学的基石。

然而，现代计量学的应用，还不仅在科学方面。在以物理学原理为基础的各门工程技术学科中（例如，热工学、机械学、电工学、核工程学等等），相应的测试技术已成为其重要的组成部分。为了保证生产质量，提高生产效率，必须要有准确的测量手段，这是近代高新技术发展的一个重要特征。因此，对测量的准确有着超乎传统的要求，从而给计量学不断提出新的课题。

在商品贸易，特别是国际贸易中，产品质量检验有着与产品出厂计量检验一样的要求。因其涉及到广泛的经济效益和人民生活的利益，国家把实施计量检测用法制来进行贯彻。

综上所述，当今计量学的发展，大体可概括为：（1）探索新测量手段，它是伴随着科学研究的创新而必须从事的；（2）研究测量效率的提高和生产环境的适应性，从而适应现代化生产的需要；（3）测量精确度的不断提高，以适应高新技术发展的要求，相

应地也必须提高单位量值标准的准确性；(4) 致力于单位制度的统一。

《新编物理量单位基础》一书的编写，着重介绍了国际单位制和物理单位量值的表述及其发展。在物理学的发展过程中，物理量及其单位的表述，曾在不同分支学科中产生过不同的单位制和制外单位。在工程技术及国民经济各行业以至不同地区和国家，又都采用过各不相同的单位制和各种制外单位。单位制度的统一是历史的必然趋势。目前，已被我国采用的国际单位制中，有七个基本单位，它们是长度（米）、质量（千克）、时间（秒）、电流（安培）、温度（开尔文）、物质的量（摩尔）和光度（坎德拉）。这些单位是物理量单位的基础，50多个导出单位是由此而派生出来的。在本世纪内，这些基本单位的定义几经修改。这是因为，随着物理学发展，这些单位的定义和复现采用了物理学（尤其是量子物理）的最新成就，因此，其复现性可以达到十分精确的程度。例如，利用原子能级跃迁的频率的准确测量，可以将时间单位、长度单位、电学单位等复现到十亿分之一以上，甚至更为准确，这在过去是难以想象的。

本书采用深入浅出的表述方法，使具有一定物理知识的读者可以比较全面地了解这些基本单位是如何定义和准确复现的。因此，编者愿意把此书推荐给广大读者，使广大读者更多地了解和关心计量学的发展。

王长珍

## 编 者 的 话

由于历史发展的种种原因，在不同领域、不同地域中，人们曾采用过不同的计量单位和单位制。这给当时科学技术和工业、商业的交往带来了不便。第二次世界大战后，鉴于国际交往发展的总趋势，国际计量委员会和国际应用物理协会都曾提出了在国际交往中采用统一的计量单位制。1960年第十一届国际计量大会正式提出了“国际单位制”(SI)。此后不断完善，同时向全世界推广，目前已被大多数国家采纳。1984年我国国务院发布命令，规定我国一律采用以国际单位制为基础的《中华人民共和国法定计量单位》，并很快付诸实施。

国际单位制的形成，现代计量学的发展，与物理学有着最密切的关系。为了普及国际单位制及其计量学、物理学方面的知识，1990年至1991年间，中国计量测试学会科普与教育工作委员会与北京物理学会联合举办了以中学物理教师为对象的计量单位知识系列科普讲座，受到了普遍的欢迎。应广大教师要求，将讲座内容进一步编撰成册，供他们作案头工具书，或进修物理学方面的学习资料。在国家技术监督局宣传教育司和国家教委电教司的支持下，中国计量测试学会科普与教育工作委员会组成了《新编物理量单位基础》编委会，邀请了一批资深的专家进行撰稿。本书在成稿过程中广泛征求了意见，几经修改，最终由葛楚鑫同志并特邀王立吉和倪育才同志进行审改后，由编委会终审交付出版。

《新编物理量单位基础》一书，是以现代计量学与物理学方面有关知识为基础，深入浅出地介绍了国际单位制及其各基本单位

定义演变、复现等系统知识。全书共10章，分上、下两篇。分别以米、千克、秒、安培、开尔文、坎德拉和摩尔七个基本单位为主要内容，阐述了各基本单位物理概念的演变、单位的实现方法与应用，以及相关的导出量单位问题。

我们希望本书内容不仅能对广大物理教师有用，对高等院校的理工科师生、科技工作者、工程技术人员、计量工作者等都能有裨益。但限于编者水平，难免有疏漏或片面之处，敬请读者不吝指正。

《新编物理量单位基础》编委会

# 目 录

## 上篇 物理量单位和计量

第 1 章 单位制概论	(3)
一、量和单位、单位制	(3)
1. 量和量值	(3)
2. 测量和计量	(3)
3. 单位	(4)
1. 单位制	(5)
2. 量纲	(6)
二、从米制到国际单位制	(7)
1. 米制	(7)
2. 力学单位制	(9)
3. 电磁单位制	(9)
4. 国际单位制	(16)
三、中华人民共和国法定计量单位	(16)
1. 我国法定计量单位制度的形成	(16)
2. 中华人民共和国法定计量单位	(17)
3. 关于法定计量单位的说明	(20)
4. 法定计量单位使用注意事项	(25)
第 2 章 基本物理常数	(27)
一、有关的物理概念和基本知识	(27)
1. 能级和能级跃迁	(27)
2. 微观粒子运动的基本理论——量子论和量子力学	(27)
3. 高速运动的基本理论——相对论	(28)
4. 光谱线的基本公式及量子数的概念	(29)

5. 精细结构和超精细结构 .....	(31)
6. 微观粒子在磁场中的行为 .....	(33)
二、基本物理常数在物理学发展中的作用 .....	(34)
1. 基本物理常数在建立物理学定律中的作用 .....	(34)
2. 宏观物理常数 .....	(34)
3. 微观物理常数 .....	(36)
4. 基本物理常数的一致性和恒定性 .....	(37)
5. 基本物理常数的精密测量及国际推荐值的确定 .....	(38)
三、基本物理常数与基本单位定义之间的密切关系 .....	(39)
1. 基本物理常数在计量基本单位新定义中的重要作用 .....	(39)
2. 建立以量子物理和基本物理常数为基础的计量基本单位新体系 .....	(41)
3. 用基本物理常数定义基本单位的发展趋势 .....	(42)
4. 基本常数之间的相互关系 .....	(46)
5. 用基本物理常数值定义千克的设想和国际单位制变化的可能性 .....	(47)
<b>第3章 计量学基础知识 .....</b>	<b>(50)</b>
一、计量学基础知识 .....	(50)
1. 计量器具、基准和标准 .....	(50)
2. 基本单位定义的变更 .....	(53)
3. 量值传递和检定 .....	(55)
4. 测量误差和不确定度 .....	(57)
二、各有关国际组织和各国计量研究机构中英文名称对照表 .....	(61)

## 下篇 基本量单位及其有关问题

<b>第4章 长度单位米和其它几何量单位 .....</b>	<b>(65)</b>
一、米制前的长度单位和米的起源 .....	(65)
1. 历史上形形色色的长度单位 .....	(65)
2. 我国历代尺长的变化 .....	(67)
3. 米的起源 .....	(68)
二、第一个米定义和光波波长标准 .....	(68)
1. 国际米原器——国际基准米尺 .....	(68)
2. 第一个米定义 .....	(69)
3. 光波波长标准 .....	(70)
三、用 <sup>86</sup> Kr 橙色谱线定义米——历史上第二个米定义 .....	(71)
1. 选择谱线的原则 .....	(71)



2. $^{86}\text{Kr}$ 橙色谱线和第二个米定义	(72)
3. 副基准波长	(74)
4. $^{86}\text{Kr}$ 基准谱线轮廓的不对称性	(75)
四、激光和光速测量	(75)
1. 激光和饱和吸收稳频激光器	(75)
2. 光速测量	(77)
3. 新米定义的选择	(78)
五、用光速定义米——米的第三次定义	(79)
1. 重新定义米的理由	(79)
2. 新的米定义	(80)
3. 新米定义的复现方法	(81)
4. 推荐的辐射表	(82)
5. 用光速定义米的意义	(84)
六、长度量值的传递和我国复现长度单位的现状	(86)
1. 长度量值的传递	(86)
2. 我国复现米定义的现状	(87)
3. 兰姆凹陷稳频激光器的波长检定	(87)
七、长度测量举例	(88)
1. 干涉测长原理	(89)
2. 用小数重合法测量长度——量块干涉仪	(90)
3. 用干涉条纹计数法测量米尺——光比长仪	(92)
4. 大距离测量	(94)
5. 微小位移测量	(96)
八、与米有关的其它几何量单位	(97)
1. 两个辅助单位：弧度和球面度	(97)
2. 与米有关的导出单位——面积和体积的单位	(98)
<b>第5章 质量单位千克及有关的力学量单位</b>	(100)
一、质量的物理概念	(100)
1. 惯性质量和引力质量	(100)
2. 质量和重量的异同	(101)
3. 地球的引力和重力加速度	(102)
二、质量单位的定义和复现	(103)
1. 质量单位千克的定义	(103)
2. 质量单位千克定义复现的实际现状	(104)
3. 微观质量单位的标准	(107)

三、质量单位的计量方法 .....	(108)
1. 砝码、天平和秤的使用 .....	(108)
2. 空气浮力的修正和名义密度的使用 .....	(111)
四、几个有关的力学量及其单位 .....	(112)
1. 力 .....	(112)
2. 密度 .....	(113)
3. 压力 .....	(114)
五、质量单位千克定义的可能变革 .....	(115)
1. 重新定义千克的基本思想 .....	(116)
2. 新定义具体实现的两种可能方案 .....	(116)
第 6 章 时间单位秒及时标 .....	(117)
一、秒定义的变迁 .....	(118)
1. 平太阳秒 .....	(118)
2. 历书秒 .....	(121)
3. 原子秒 .....	(122)
二、时标 .....	(131)
1. 世界时 $UT_1$ .....	(131)
2. 国际原子时 TAI .....	(135)
3. 协调世界时 UTC .....	(136)
三、时标的应用 .....	(137)
1. 无线电导航 .....	(139)
2. 数字通信 .....	(143)
3. 相对论验证 .....	(146)
第 7 章 电流单位安培和电磁学计量单位 .....	(151)
一、基本单位安培的定义 .....	(151)
1. 安培的物理概念 .....	(151)
2. 安培的定义及其演变 .....	(152)
3. 电学量单位与力学量之间的关系 .....	(157)
二、安培的复现——电单位的绝对测量 .....	(157)
1. 电流绝对测量 .....	(158)
2. 电阻绝对测量 .....	(163)
3. 电压绝对测量 .....	(166)
4. 电功率绝对测量 .....	(168)
三、1990 年以前安培的保存——电压和电阻的实物基准 .....	(170)

1. 电压和电阻的实物基准 .....	(170)
2. 实物基准存在的问题及解决办法 .....	(172)
四、1990年1月1日起安培的保存——电单位的量子基准 .....	(173)
1. 向量子基准过渡的可能性 .....	(173)
2. 约瑟夫森效应和约瑟夫森常数 .....	(173)
3. 量子化霍尔效应和冯·克里青常数 .....	(175)
4. 电单位量子基准体系的确立 .....	(177)
5. 展望 .....	(181)
五、电磁学的其它主要单位 .....	(182)
第8章 温度单位开尔文与热学计量单位 .....	(185)
一、温度的基本概念 .....	(185)
1. 几个名词的定义 .....	(186)
2. 经典热力学中的温度概念 .....	(186)
3. 分子运动论中的温度概念 .....	(187)
4. 非平衡条件下的温度概念 .....	(188)
二、温标 .....	(189)
1. 经验温标 .....	(190)
2. 理想气体温标 .....	(192)
3. 热力学温标 .....	(197)
4. 热力学温度的单位——开尔文和热力学温度的测定 .....	(198)
5. 国际温标 .....	(204)
三、温度测量方法简介 .....	(209)
四、热学计量单位 .....	(212)
1. 热量的基本概念 .....	(212)
2. 卡(路里), Cal (Calorie) .....	(212)
3. 焦耳, J .....	(213)
4. 各种卡与焦耳的换算关系 .....	(213)
5. 其它与热量有关的物理量单位 .....	(214)
第9章 发光强度单位坎德拉和其它光度学单位 .....	(215)
一、光度学中的量及其单位的发展史 .....	(215)
1. 光度学中的量是生理心理物理量 .....	(215)
2. 光度测量仪器和标准光源的发展史 .....	(219)
二、复现坎德拉定义的方法 .....	(223)
1. 1948年定义及其复现方法 .....	(223)
2. 1979年定义及其复现方法 .....	(225)