

教学现代化专题

新概念

# 普通物理学

王兴孔 王吉华 金秀慧 主编

$$v = hf$$

石油工业出版社

## 编委会名单

主任 耿效轶

副主任 贾洪斌 贺金玉 姜万禄

主编 王兴孔 王吉华 金秀慧

副主编 张连顺 张怀德 柳永亮

委员 (以姓氏笔划为序)

王兴孔 王吉华 张连顺 张怀德

苏春清 金秀慧 姜万禄 贺金玉

柳永亮 耿效轶 贾洪斌

# 前 言

物理学是物质世界规律的科学，是其他科学技术的基础。普通物理学又是物理学的基础。它经过若干代科学家的不断继承和发展，形成了目前框架下的普通物理学。普通物理作为基础学科，有着自身的理论体系和结构，有着自身的研究方法和手段。这一切又必然随着科学技术的发展而丰富和变化。在科学已发展到更高、更新、更广泛领域的今天，普通物理的教学，应该考虑如何让学生既能更快、更准确地掌握经典知识，又要为新的后继学科的学习做好铺垫。这就要求普通物理教学现代化。

师专物理专业以绝大多数时间讲授普通物理学。时代要求初中的物理教师，不仅要具有扎实的经典物理理论，而且还要具有现代科技意识。因此，必须对学生进行拓宽知识、增强能力的培养。这也要求普通物理教学现代化。

有鉴于此，我们选择了普通物理教学现代化这一世界银行贷款“师范教育发展”项目改革课题，拟就普通物理教学内容和方法进行新的研究和探讨。作为课题研究的一部分，选择了普通物理部分内容写成专题，组成本书。其内容有以下特点。

第一，作为经典物理的普通物理，从现代化的角度分析，有些概念、理论应包含有近代物理思想，即所谓新概念物理。在这一思想指导下，用近代物理的观点，专题探讨、分析经典物理的内容。

第二，普通物理与近代物理的发展有密切联系。在普通物理中寻找适当窗口，专题介绍物理学或其他自然科学的新进展。

第三，物理学与工程技术的关系极其密切。专题在普通物理中找出适当的结合点，介绍物理学在工程技术领域中的应用。

第四，本书在内容阐述上力求结合普通物理的基本知识，采用经典的或半经典的模式，阐述近代物理内容和高新技术成果。多用文字叙述，少用公式推导，力求适合大学专科学生目前的知识

水平。因此，本书可作为高等专科学校普通物理教学参考书，也可作为初中物理教师更新知识的参考书。

作为改革课题的一部分内容，该书已通过由山东省教委主持进行的专家组的鉴定，受到同行专家的好评。

参加本书编写的有：力学部分，张连顺、王宝泉、金锋；热学部分，张怀德、王吉华、张明霞；电磁学部分，王兴孔、赵彦杰、刘建成；光学部分，柳永亮、赵立岭、李庆磊；原子物理学部分，金秀慧、苏春清、纪芳、杨学锋。王兴孔、王吉华、金秀慧负责对全书进行统稿。姜万禄教授对全书进行审稿。

鉴于编者水平有限，书中尚有不少值得商榷的问题，缺点和错误也在所难免。敬请广大读者提出批评、建议和指正，我们一并表示感谢。

编者

1998.3

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 绪论                          | 1   |
| 第一章 力学                      | 10  |
| 第一节 探索宇宙的两大发现               | 10  |
| 第二节 一维运动                    | 15  |
| 第三节 物理学中的对称性和守恒定律           | 23  |
| 第四节 自然界中常见的力                | 28  |
| 第五节 潮汐                      | 34  |
| 第六节 超重与失重                   | 42  |
| 第二章 热学                      | 48  |
| 第一节 温标的历史及温标的建立             | 48  |
| 第二节 玻尔兹曼分布律的应用——气体的压强和重量的分析 | 62  |
| 第三节 正负温度下的热力学三定律            | 73  |
| 第四节 熵概念的建立及其泛化              | 82  |
| 第五节 热力学第二定律与熵               | 89  |
| 第三章 电磁学                     | 101 |
| 第一节 驻极体                     | 101 |
| 第二节 压电效应及其应用                | 108 |
| 第三节 超导体                     | 116 |
| 第四节 用相对论观点看电磁场              | 125 |
| 第五节 磁学交叉学科简介                | 134 |
| 第四章 光学                      | 161 |
| 第一节 光导纤维                    | 161 |
| 第二节 激光                      | 168 |
| 第三节 全息照相术                   | 184 |
| 第四节 非线性光学效应                 | 194 |
| 第五章 原子物理学                   | 199 |

|      |                         |     |
|------|-------------------------|-----|
| 第一节  | 微观粒子的异常性质·····          | 199 |
| 第二节  | 同位素移位与同质异能移位·····       | 202 |
| 第三节  | 超精细相互作用·····            | 208 |
| 第四节  | 扫描隧道显微镜及其在生命科学中的应用····· | 219 |
| 第五节  | 原子团簇和纳米材料·····          | 227 |
| 第六节  | 粒子的四种基本相互作用·····        | 236 |
| 参考文献 | ·····                   | 244 |

# 绪 论

## 一、物理学是什么

从史前到现在，人类最突出的特点之一是对周围自然环境的好奇心。早在发明文字以前，人类就留下了他们对自然界看法的记录，其中最引人注目的可能是在法国和西班牙一些山洞里发现的冰河时期的动物彩画。这些已有 12000 年到 18000 年的彩画，显示出古老的艺术家的对于动物和表现艺术的一些规律已有多方面的知识。研究人类建筑的古迹，比如说研究石柱圆阵，也可以看到一些人类认识自然现象的早期证据。石柱圆阵大约是在公元前 1800 年左右由古代布立吞人建造的。人们认为这个由巨大石柱和横梁构成的卵形建筑，是用来预测包括日月食在内的天象的。在许多文明古国的文字记载中，有丰富的证据说明当时人类对于各种各样的自然现象，已经有了很不平常的理解。

物理学一词的英文 physics 来源于希腊词 physis。这个词的原义是活的东西的生长或发展；但当人们发现生长或发展是按照一定模式进行的以后，这个词就转化成表示生长或发展的规律之意，与我们现在称作自然规律的意思非常相似。在两千多年前，希腊科学就已发展到引人注目的水平，发现了范围很广泛的许多自然规律。古希腊人把所有对自然界的观察和思考，笼统地包含在一门学科里，那就是自然哲学。科学分化为天文学、力学、物理学、化学、生物学、地质学等，只是最近几百年的事。在牛顿的时代里，科学和哲学还没有完全分家。牛顿划时代的著作名为《自然哲学的数学原理》，就是一个明证。物理学最直接地关心自然界最基本规律，所以牛顿把当时的物理学称为自然哲学。

17 世纪，牛顿在伽利略、开普勒工作的基础上，建立了完整

的经典力学理论，这是现代意义下的物理学的开端。从18世纪到19世纪，在大量实验的基础上，卡诺、焦耳、开尔文、克劳修斯等建立了宏观的热力学理论，克劳修斯、麦克斯韦、玻尔兹曼等建立了说明热现象的气体分子动力学理论，库仑、奥斯特、安培、法拉第、麦克斯韦等建立了电磁学理论。至此，经典物理学理论体系的大厦巍然耸立。然而，正当大功甫成之际，一系列与经典物理的预言极不相容的实验事实相继出现，人们发现大厦的基础动摇了。在这些新实验事实的基础上，20世纪初，先是爱因斯坦独自创立了相对论；又先后在普朗克、爱因斯坦、玻尔、德布罗意、海森伯、薛定谔、玻恩等多人的努力下，创立了量子论和量子力学，从而奠定了近代物理学的理论基础。本世纪随着科学的发展，从物理学中不断地分化出诸如粒子物理、原子核物理、原子分子物理、凝聚态物理、激光物理、电子物理、等粒子体物理等名目繁多的新分支，以及从物理学和其他学科的杂交中生长出来的，诸如天体物理、地球物理、化学物理、生物物理等众多交叉学科。

什么是物理学？试用一句话来概括，可以说：物理学是探讨物质结构和运动基本规律的学科。尽管这个相当广泛的定义仍难以刻画出当代物理学极其丰富的内涵，不过有一点是肯定的，即与其他科学相比，物理学更着重于物质世界普遍而基本的规律的追求。

物理学和天文学由来已久的血缘关系，是有目共睹的。当今物理学的研究领域里有两个尖端，一个是高能或粒子物理，另一个是天体物理。前者在最小的尺度上探索物质更深层次的结构，后者在最大的尺度上追寻宇宙的演化和起源。可是近几十年的进展表明，这两个极端竟奇妙地衔接在一起，成为一对密不可分的姊妹学科。物理学和化学从来就是并肩前进的。如果说物理化学还是它们在较为唯象的层次上的结合，则量子化学已深入到化学现象的微观机理。物理学和生物学的关系怎么样？对于如何解释生命现象的问题，历史上有过两种极端相反的看法：一是“生机论

(vitalism)”，认为生命现象是由某种“活力”主宰着，永远不能在物理和化学的基础上得到解释；另一是“还原论(reductionism)”，认为一切生命现象都可归结或者说还原为物理和化学过程。1824年沃勒(F. Wöhler)成功地在实验室内用无机物合成了尿素之后，生机论动摇了。但是，能否用物理学和化学的原理和定律解释生命呢？回答这个问题为时尚早。不过生命科学有自己独特的思维方式和研究手段，积累了大量知识，确立了许多定律，认为把生物学“还原”为物理学和化学，是没有意义的。可是物理学研究的是物质世界普遍而基本的规律，这些规律对有机界和无机界同样适用。物理学构成所有自然科学的理论基础，其中包括生物学在内。物理学和生物学相互渗透，前途是不可估量的。近四五十年在两学科的交叉点上产生的一系列重大成就，如DNA双螺旋结构的确定、耗散结构理论的建立等，充分证明了这一点。现在人们常说，21世纪是生命科学的世纪，这话有一定道理。不过，生命科学的长足发展，必定是在与物理学科更加密切的结合中达到的。

## 二、物理学所积累的知识

为了努力简化理解自然界的繁重任务，科学家就得对已经发现的知识进行组织。物理学以及其他有关的科学所积累的物理知识，具有简单的组织。这个组织的基础是由科学观测和实验结果构成的。我们往往把这些观测和实验结果叫做事实，它们是建造科学知识这座建筑物的最简单的砖块。通过不断观测和实验逐渐积累起来的科学事实，构成了科学知识等级体系的第一层。如果从古代科学发现来寻找这一层的例子，我们可以举出古代天文学者所记录下来的广泛的天文观测事实；如果从现代来找例子，则可以举出“阿波罗号”飞行所获得的事实。尽管物理学是一门成熟的科学，但在这一层上它仍然继续忙于发现新的东西。今天的物理事实对于外行人来说，可能是十分复杂的，因为往往需要采用电子仪器和数字分析的精密实验装备才能发现它们。

科学事实可以比作拼图板的碎片。在玩拼图板的时候，人们寻找碎片的形状和颜色的线索，以帮助发现各个碎片之间固有的关系。与此相似，在科学中各种事实之间存在着很多线索和规律性，使人们能够找出各种各样科学事实之间联系。自然界中的某个物理现象可能是很独特的，但是通过多次实验并仔细分析所得到的数据以后，人们还是能够发现与这个现象有关的模式，正如根据颜色和形状来组合拼图板的各个碎片一样。自然界并不是无限复杂，复杂到每一个事态都显示出一套完全不同的性质。比方说，太阳的升起和四季的交替这两个现象都是地球在空间运动的结果。因此，研究地球运动就有助于理解与这种运动有关的现象。当人们发现一群事实彼此有联系时，就出现了知识组织的第二层。确立这些事实之间联系的模式就叫做自然定律或简单地叫做定律。发现一个自然定律可能要牵涉到很多实验事实和大量的分析与思考。自然定律的重要性远远不止是对事实的总结或归类，定律扩大了我们的理解能力。定律不但确认了先前互不相关的各种事实之间有着可重复的规律性，使我们的知识简化和互相联系，并且还提醒我们，这些规律性可能存在于未曾观察过的现象之中。

当人们发现往往可以把几个定律综合在同一个模式之中时，物理学开始成熟起来了。用一个统一的普遍化的定律去代替几个定律，这在过去已经发生过多次，今后也必然还要发生。物理学家在寻找他们所研究的现象之间的相似性时，已获得极大的成功。今天只要用少数几个主模式或主定律，就能解释几乎所有的物理现象。这些普遍化的定律构成了科学知识概念性组织的更上一层，这叫做理论。一个独特理论的出现，往往标志着随着对这理论的重要性进行探索而来的物理学大活跃时代的开始。理论有双重效果，它们不但概括了在某个范围里观测到的大量物理现象，而且还提出了应该进行探索的新现象。赫兹曾经指出，在麦克斯韦的电磁理论中，“人们不禁要感到那些数学公式是独立存在的，并具有真实的内容。它们所包含的东西多于我们所知道的，也多于发现它们的人；它们将提供比所有放进它们里头的东西更多的信

息。”像完成一次不知道画面的拼图板游戏一样，科学的理论把所有各种相互关系综合在一起，从而显示出单靠研究一两个个别部分无法预料到的东西。

最优美的物理理论总是具有不变的简单形式，能够描述广泛的物理现象，并且可以用数学语言来表达。数学是最合适的语言，因为物理理论所涉及的都是一些能通过实验测量并用数字表示的量。

物理学发现了几个主模式之后，已达到了这样的地步，它只需要少数几个理论，就能够解释范围很广的大量物理现象。表 0-1 列出了四个特别重要的理论。第一个是经典力学，它是英国科学家牛顿发现的。牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中发表了他研究了 20 年之久的科学发现。这本通常称为《原理》的书分三个部分。第一部分展示了支配物体运动的法则，其中包含著名的运动三定律；第二部分讨论流体及其运动；第三部分把第一部分所展示出的一般原理用于天体力学问题。牛顿把他的理论发挥得那样透彻，即使到今天，物理学家解答许多有关运动问题的方式仍然与牛顿的做法大同小异。

表 0-1 四个主要的物理理论

| 理论    | 主要贡献人             | 年代            | 所解释现象的范围           |
|-------|-------------------|---------------|--------------------|
| 经典力学  | 牛顿                | 1686          | 人体尺度的物体的运动及其相互作用   |
| 电磁学   | 麦克斯韦              | 1865          | 带电物体的运动与相互作用；描述磁现象 |
| 狭义相对论 | 爱因斯坦              | 1905          | 澄清时间空间概念           |
| 量子力学  | 薛定谔，海森伯，玻恩，玻尔，狄喇克 | 1926<br>~1928 | 各种物体的运动与相互作用       |

表 0-1 中所列出的第二个主模式是电磁理论。在开始研究电和磁时，人们并不清楚这两种现象之间有什么联系，因而只是发现了一些分别描述电和磁的定律。一直到 1820 年，当奥斯忒表演了电流能引起磁效应时，才明确电现象与磁现象是互相联系的。过了不久，法拉第又发现磁场能够产生电流。到 1865 年，麦克斯韦

把彼此分开的电和磁的定律综合成一个主模式，这就是电磁理论。

第三个理论，即狭义相对论，是本世纪开始时提出的一个理论。当时很多人把爱因斯坦的这个极重要的发现看成是一次革命，因为它要求仔细审查好些过去受到珍爱的空间和时间概念。现在回顾起来，这个理论显然是电磁学和力学的自然推广。狭义相对论的主要影响是纠正和澄清了我们对时间空间概念的理解。

由于过去的成就，科学家们相信大自然最终会交出她的秘密。这是我们科学传统的一个重要方面，它引导科学家们去寻求对物理现象的更完整的理解。即使在数据非常混乱的情况下，这个信念也鼓励科学家们继续进行实验和提出问题。比方说，在本世纪头 20 年，当物理学家们开始对原子尺度世界进行系统的探索时，他们发现现有的理论往往无法解释实验数据。然而，正是在试图适应这些新的数据的过程中，诞生了一个新的理论——量子力学。1925 年，泡利在给他朋友的信中写道：“物理学目前又是一片混乱，无论如何对我来说是太艰难了。我真希望我是一个喜剧演员或诸如此类的人，并且从未听到过有关物理学的任何东西。”但是，他和其他科学家的发现终于通向量子力学的理论，它使科学家们有可能说明原子尺度世界的很多方面。物理学家们发现，经典力学是一个近似的理论，对于人体尺度世界中的问题来说，它是受欢迎的，但当把它用于原子结构问题时就不行了。电磁学被证明是不完备的，当它与量子力学结合起来时，就产生了一个更加普遍的电磁理论，这就是量子电动力学。

是不是有可能把今天的所有理论都统一在自然界的一个无所不包的理论之中呢？对这个问题进行臆测是很有趣的。虽然目前尚未达到这一步的统一，但物理学家们总是不断地探索着统一理论的问题。当前，物理学家们确实要用几个理论来解释不同领域的现象。不过，这些理论并不是完全互不相关的。比方说，几个主要理论之间就有着一些重要的联系，诸如描述时间与空间的共同概念，以及一套共同的物理常数等等。这些常数往往不止出现在一种理论中，这似乎暗示我们说，在这些理论之间存在着尚未

发现的潜在统一性。

### 三、物理学的经典时期和近代时期

习惯上把物理学的发展分为两个时期：经典物理学时期（这个时期一直到大约 19 世纪最后十年的中期），以及近代物理学时期（这个时期以经典时期的末尾开始一直到现在）。在经典时期中，物理学所探讨的主要是那些描述用比较直接的实验研究就可以接触到的物理现象的定律和理论。这是由于当时科学研究的财源很有限，并且在整个经典时期的技术进展没能以任何像样的方式来改进科学仪器。结果，精心的实验要不是不可能实现的话，也是很困难的。那时家庭制作的实验仪器并不少见，而是司空见惯的。

从现在的眼光看来，那些今天认为是很原始的实验技术和实验仪器，当时的进步也已经是很显著的了。由于实验的这些局限性，当时物理学主要是对付人体尺度世界中的现象。这是很自然的，因为人类最原始的实验工具是他的五种官能：视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉。人类逐步发明了一些装置来增加他们的实验能力。但是在初期，即使有了这类仪器，人们也只能探索靠近人体尺度世界的现象。这个世界是人类能够直接进行观察的世界。

到了经典时期的末期，物理学已发展出一系列范围相当明确的分支学科，包括力学、热力学、光学、电学及磁学。所有这些分支都与人们在人体尺度的世界中所熟悉的现象有紧密联系，注意到这一点是很有意思的。力学的研究对象是运动，而运动是人类世界最明显的特点之一；热力学，或者说热的科学，是靠生理学方法去体验的；而光学则与视觉联系在一起。对这类形形色色的现象进行观测和实验无需精心制作的仪器。这种专门对付熟知现象的物理学，意味着许多人能够理解并领会物理学所发现的东西。经典物理学与现代物理学相比，它们的内容没有多少相似之处，这反映出物理学这个学科在本世纪的茁壮成长。但这并不等于说，经典的现在就不重要了。事实上，假如考察一下大专院校

的典型物理课程表，人们就会发现，很多课程是围绕着经典物理学的各个分支来组织的。由于经典物理学的课题为理解近代物理学提供了很多概念性的和理论性的工具，因此，它们依然是很重要的。

经典时期的两个最重要的理论是力学和电磁学。在经典时期的末尾，这两个理论实质上描述了所有当时已研究过的物理现象。那个时期的一些重要的科学家认为，物理学已发现了所有主要的理论，并且所有新的发现都可以用这些理论来解释。但是，正如事实所表明的那样，这些人是错得不能再错了。看来将来不大会有人再敢这样轻易地自满。

一旦在科学研究中建造了更加精密的仪器，物理学家们就不再局限于研究人这个尺度的领域了。他们把注意力转向尺度非常小的世界——分子、原子、亚原子粒子的世界。可是，他们用力学和电磁学理论无法解释他们所得到的很多数据。所以，近代物理学可以认为是从发现某些数据不能纳入已有的理论，因而需要新的理论的时候开始的。狭义相对论和量子力学是相继出现的两个主要理论。这两个理论能够解释大多数实验结果，并比较圆满地说明分子、原子及核现象。为了纠正我们关于时间和空间的概念，相对论是必不可少的，特别是在所讨论的对象以接近光速运动的时候更是如此。因为在这种情况下，经典力学不能提供有效的描述。另一个现代理论——量子力学——是在认识到很多物理量以量子化方式出现（也即以某个最小基本单位的倍数出现）时发展起来的。物理量的量子化本质，在人们对原子尺度世界所进行的实验中遇到很小的物理量之前，是不明显的。所以，量子力学没有更早地在物理学家研究人体尺度世界中的现象时出现。在这些情况下，人们所关心的物理量总是那么大，因而它的量子化现象几乎总是无法探测到。

相对论与量子力学这两个理论并不是与经典理论无关，恰恰相反，它们是互相联系的。经典理论不能正确描述原子世界的事实，不会影响它们描述人体尺度世界的有效性。现在已把力学和

电磁学看成是近似的理论，它们包含于量子力学与相对论这些更普遍的理论之中。只要所遇到的是低速度和大物体，经典理论通常能提供很精确的描述，尽管这种描述只是近似的。假如近似的精确度远远超过测量的精确度，我们采用近似理论就完全正当，特别是当它比较简单时。不存在经典理论是错误的而近代理论是正确的这样的问题。我们没有办法证实哪一个理论是绝对正确的。问题倒是在于如何确定某个特定理论所能描述的物理现象的范围。相对论和量子力学这两个理论是一帖清醒剂，它提醒人们：理论总不是永久性的。在将来某个时候，当我们得知相对论和量子力学同样也是近似的理论，它们可以纳入一个更普遍的、能够有效地描述更广阔范围的物理现象的理论中去时，我们决不应感到惊奇。人们无法肯定这些新理论应该到哪里去找，但是有可能作一些猜测。这些新理论可能被探索亚原子过程的物理学家揭示出来，也可能被天体物理学家在他们观测宇宙的其他部分时找到。一般说来，对科学尖端的探索总是会导致意料不到的发现。正是这个特点，使得物理学成为一门激动人心的科学。

# 第一章 力 学

## 第一节 探索宇宙的两大发现

### 一、宇宙有多大

若以太阳系最外围的行星冥王星的轨道计算，太阳系的直径有 120 亿 km。太阳光射到冥王星要花 5.5h。实际上，比冥王星远几百倍的地方仍有一些固态的氨、甲烷和冰的碎片在绕太阳运行。太阳系属于银河星系。银河星系由 1 千亿个像太阳这样的恒星组成。这些恒星聚集在厚约 1 万光年，直径约 10 万光年的圆盘形的空间中。如果每个恒星像乒乓球那么大的话，则在中国这么大的区域内也只要一两个，可见银河系中的恒星的分布是何等的稀疏！如果从垂直于盘面的方向看过去，银河系的众星分布呈涡旋状。太阳系则处在距离银心约一万光年的一个旋臂上。

在银河系外约 16 万光年处漂浮着大、小麦哲仑星云，再远至 230 万光年处有比银河系大数倍的仙女座星系。以银河系、仙女座星系为主聚集着大小约 20 余个星系，称为本星系群。在距本星系群 1 千万光年和 5 千万光年的地方观测到另外的星系群。利用现代光学和射电望远镜已发现了几千亿个大小、形状和结构不同的星系，此外还存在大量的星际物质。

### 二、星系退行和宇宙膨胀

在本世纪的 20 年代到 30 年代，美国天文学家哈勃利用当时最大的望远镜（口径 258cm）对 18 个星系中最亮的恒星的光度进行分析，估计出了这些星系到地球的距离。又从它们发射的光谱

的多普勒频移确定了这些星系对地球的运动速度。由于绝大多数星系的光谱都移向红端(称红移),说明这些星系都在离开地球而去,而且可由红移的大小计算出星系的退行速度。哈勃发现,平均说来,各星系的退行速度  $v$  和它们离开地球的距离  $r$  成正比

$$v = H_0 r$$

上式称为哈勃定律,  $H_0$  叫哈勃常数。

二次大战后,哈勃的工作由另一些天文学家继续进行,并利用了更大的望远镜(口径 518cm)进行观测。通过约半个世纪的观测和分析,得出了较为肯定的结论:绝大多数星系都在退行,并遵从哈勃定律,只是对哈勃常数  $H_0$  进行了修正。目前  $H_0$  的估计值为  $15\text{km}/(\text{s} \cdot \text{百万光年})$ 。

哈勃定律描绘了宇宙处在不断膨胀之中,即宇宙正像一个不断被吹胀着的气球。其次哈勃等人还发现星系在宇宙空间中的分布,从大尺度上来看是相当均匀的,而且也颇为各向同性。因为地球并非处在宇宙中心,因此从任一星系上的观测者看来,周围的星系也都在退行,并遵从哈勃定律。所以说宇宙在发生着均匀和各向同性的膨胀。这个结论是人们在探索宇宙中的一大成果。

### 三、微波背景辐射

宇宙微波背景辐射的发现是在宇宙观测中所获得的另一重要成果。1964年,美国贝尔实验室的两位射电天文学家彭齐亚斯(A. penzias)和威尔逊(R. wilson)在研究“回声”卫星通信的实验中,接收到一种在空间均匀分布、而且来自各个方向的微波信号噪声。这种噪声不是天线或接收机本身的电噪声。因此,他们断定这是一种均匀地弥漫在整个宇宙空间的电磁波,后来称它为宇宙微波背景辐射。为了探测背景辐射能量按波长的分布,人们进行了很多实验检测。由于地球大气对  $0.3\text{cm}$  以下波长的辐射不透明,所以在1976年还利用气球和U-2飞机在大气稀薄的高度进行了检测。迄今已在  $0.33\text{mm}$  到  $100\text{cm}$  之间的波长范围中测出