

经典和近代

# 物理学

[美] K.W. FORD 著 高航译



1

Classical and Modern  
Physics

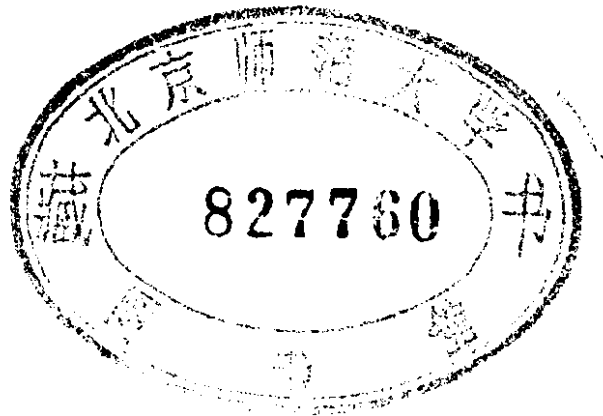
经典和近代

# 物 理 学

第 一 册

[美] K. W. Ford 著  
高 航 译

J11/242/05



人民教育出版社

1980

这是一部美国的理工科大学生物理学教科书。原书分三卷,前两卷为经典物理学,后一卷为近代物理学。全书可作一年半的物理课教科书,也可删去某些章节作为一学年的物理课教科书。

译本分四册出版。第一册包括物理学导论和数学,第二册包括力学,第三册包括热力学和电磁学,第四册包括相对论和量子力学。本书可作我国理工科各专业的物理课教学参考书。

K. W. Ford

*Classical and Modern Physics*

A TEXTBOOK FOR STUDENTS OF SCIENCE  
AND ENGINEERING

Xerox College Publishing, 1974

经典和近代

物 理 学

第 一 册

〔美〕K. W. Ford 著

高 航 译

\*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

\*

开本 850×1168 1/32 印张 10 字数 240,000

1980年11月第1版 1981年9月第1次印刷

印数 00,001—11,500

书号 13012·0538 定价 0.88 元

## 前 言

本书是理工科大学生用的一套教科书，全书分三卷。第一、二两卷内容包括经典物理学的各个课题，并介绍近代物理学的一些概念。这两卷有单行本，也有合订本，它可作理工科大学生一学年基础课教科书。第三卷可作一学期的近代物理学课程的教科书。这三卷书还有其他用法：把许多节或几个整章略去不讲，全书就可适应包括经典物理和近代物理两方面内容的一学年课程的要求；采取较慢的进度时，这三卷书可拉长到两个学年学习，为物理学提供详尽的导论。我试图把这部教科书写成前后连贯的统一体，而各篇又保持足够的独立性，以便使用时可有相当大的灵活性。各卷篇目如下：

第一卷 第一篇 物理学导论

第二篇 数学

第三篇 力学

第二卷 第四篇 热力学

第五篇 电磁学

第三卷 第六篇 相对论

第七篇 量子力学

为了使学生在学完这门课程之后，仍然可把这几卷书作为有用的参考书，我们编排了附录和索引。

大概每个作者心目中都有特定类型的学生作为他的写作对象。我心目中的典型学生，是读过高中物理，并且在学大学物理课的同时，还学习微积分课。他们是认真学习的学生，而不必是有天赋的学生；他们既注重概念又关心专门技巧。在数学推导辅以文

字解释和物理例题时,他们能学得很好. 对学生智力方面的要求,本书与目前流行的哈里德和瑞斯尼克合著的教科书<sup>①</sup>相当,而比《伯克利物理学教程》<sup>②</sup>或《麻省理工学院物理学导论丛书》<sup>③</sup>的要求低一些.

按原先设想,本书本来是要写成我早期所编《基础物理学》<sup>④</sup>一书的微积分版本. 可是经过编写与修改,删减与增补等许多演变之后,现在出版的这部书与我早期编的那部书相比,除数学水平外,还有多方面的不同.

本书主要特点如下: (1) 试图把经典物理学与近代物理学两方面作统一的介绍. 虽然直到本书最后两章才对相对论和量子物理学作出理论阐述,但某些近代物理学的概念(例如质能转换、自然界速率极限)已在前面引入了,而且常用近代物理的例子来阐明经典物理的定律. (2) 在讨论经典力学的复杂问题之前,有一系列导论性的章节,使学生有机会加深物理概念和掌握数学运算. (3) 与其他大多数物理教科书相比,本书(第五章)介绍的微积分概念稍为充分一点. (4) 试图通过物理学训练的引导使学生不断与这门学科的全貌保持接触(注意概念的扼要与简明,全面结构的优美),同时逐步掌握实际技能和提高解题能力. (5) 为了便于学习和复习,把课文分成很多节和小节,关键性的概念和重要方程加有旁注,每章末附有概念和定义的提要. (6) 力图列举物理学的惊人成

---

① D. Halliday & R. Resnick 合著 *Physics*《物理学》(纽约 John Wiley & sons 股份有限公司).

② *Berkeley Physics Course*《伯克利物理学教程》,共五卷,各卷作者不同.(纽约 McGraw Hill 图书公司).

③ *M. I. T. Introductory Physics Series*《麻省理工学院物理学导论丛书》,前三卷 A. P. French 著,1971 年出版,后三卷,已列入计划表.(纽约 W. W. Norton 公司)

④ *Basic Physics*, Xerox College Publishing, 1968 年版.

就,说明它是一门活跃的发展中的科学,它强而有力但还不完善.本书有一定数量的历史资料,对此我抱着谨慎态度,希望其中多数是史实而不是虚构的故事.

“内容简介”,是为了给教员一个简要的指导.也可以鼓励学生阅读这个简介.为了便于教员选用材料,某些节和小节标有星号(\*),表示这些内容是供选择的.某一节或某一小节标有星号,或因它超出一般难度,或因它不是本章的主要内容.任何这样标出的备选材料,必然是相当任意的.大多数教员对材料的取舍都有自己的见解,星号只提供初步的建议.

每章末尾都有思考题、练习和习题.思考题要求口头回答(很少例外).多数思考题是用来启发思考的,可能没有特定的恰当答案.有些问题难度较大.练习是用来直接考查学生对该章内容理解程度的,题目没有什么特别曲折或难解的.练习有数字计算的,也有代数运算的和一些微积分运算的.一道练习题,往往要求既有简明的解释又有数量的答案.习题一般是比较复杂的,习题中,有些就好比是难度比较高的练习,有些可能涉及几节内容,有些虽然以课本内容为基础,但又稍微超出课本的范围.思考题、练习和习题的数量很大,比一门课程通常指定的数量要大得多.编辑这样多的题目,是为了适应不同教员的爱好和需要,并使学生能做一些未经指定的题目.如果教员愿意,也可从书中挑选考试题.由于各章都相当长,章末的题目又很多,所以用旁注来区分思考题、练习和习题.思考题和练习前面标明有关章节,习题前面标明有关主题.

全书采用国际制单位,同时也介绍一些特殊的单位如卡、天文单位和电子伏.有些练习和习题需要进行单位换算.但并不要求学生十分熟悉多种单位制.为了使学生在遇到高斯单位(cgs)时(例如在别的教科书中或在科学研究资料中)得到帮助,在附录5中列出了用国际制单位和高斯制单位表示的电磁学方程的详细对照

表。只在第十三章和第十四章不是纯粹使用一种单位制，在这两章中，焦耳与卡、千卡并用，给阿伏伽德罗数下定义时，是规定为1摩尔中的分子数，而不是1千摩尔中的分子数。

我希望学生喜爱这部书，并从中获得教益。我相信，只要不使学生过快地赶进度，本书将能很好地实现其目的。谨慎地处理某些内容，并适当地把另一些内容略去不读，比匆匆地通读每一节更能为学生在物理学、技术科学或其他科学的深造作好准备。

**K. W. Ford**

## 内 容 简 介

本书共七篇，头两篇(物理学导论和数学)提供绪言材料和背景材料，使用时可有很大的灵活性。其余五篇(力学、热力学、电磁学、相对论和量子力学)叙述物理学各方面的主要理论。对力学、电磁学和狭义相对论的理论，进行了最充分的数学阐述。在讲述热力学和量子力学时，比较注意分析物理现象而不是数学形式。尽管如此，我还是避免使用比较一般的篇名，如热、原子现象和原子核现象等，因为这几篇也要着重阐述物理学理论的统一性和威力，它们所需要的并非数学。当前学生非常易于把物理学看成互不联系的篇章拼凑在一起，针对这种情况，我预先计划把全书分成几个大篇，再分成若干篇幅较长的章，而不分成数目很大而篇幅很短的章，使学生一下子便能看到物理学的全面结构。

第一篇。第一章是物理学的简要综述——物理学与数学、技术的关系，物理学分为理论与实验，和过去几个世纪中物理学的发展。我建议，即使学时非常少，也应当要求学生读一读这一短章，并思考一下章末的问题。

对于学过物理学课程的学生，第二章的大部分内容是复习和巩固以前学过的材料。对于初学物理学的学生，需要更加注意学好这一章。这一章有几个目的：介绍国际制单位和规定基本量标准；对各种重要概念的含义，给出定性的理解；对量纲的一致性和单位换算给出有用的提示。

第三章是供选择的一章，可以指定为“不必认真”阅读的材料，不讲这一章也不会影响全书的连贯性。可是有某些重要理由要求我们在普通物理学教科书靠近开头的地方，介绍一下基本粒子和



亚微观世界。这些内容放在 § 3.1 讨论。在本书的后面部分,为了说明问题,将不时用到粒子概念,但并不要求掌握第三章的全部内容。

第四章中讲到七个绝对守恒定律,引出一个重要的课题,并揭示经典物理学和近代物理学中的一些共同的原理。正象第二章讨论的概念在后面的章节中又详加阐述一样,本章讨论的定律,大部分在后面有更深入的推敲。喜欢早点讲运动学和牛顿定律的教员,可把这一章略去不讲,或者把这一章内容推迟到第八、九、十章去讲,在那几章里要再讲动量、角动量和能量守恒定律等内容。

第二篇。本书把大部分(不是全部)数学集中在比较靠前的这一篇阐述,会给教员带来一定的灵活性。他可以暂且按此专门去讨论数学课题,也可以跳过第五、六章的某些节不讲,以后再来讲。本篇名称虽然叫数学,但包括相当多的物理学内容,这在 § 5.7 和 § 6.10 的运动学以及 § 5.12 对实验误差的讨论中看得特别清楚。有些数学课题留到后面去讲,如偏微分这个概念和线积分在第十章讲,面积分在第十五章讲。

第五章对微分和积分的阐述,比其他大多数物理学教科书更加充分。当然,这些章节不能代替数学课程,但能帮助学生对所学数学获得更直观的理解,并懂得如何把数学应用到物理问题中去。§ 5.3 至 § 5.11 专门叙述必不可少的实际材料。§ 5.1 和 § 5.2 则完全不同,这两节专门叙述数学的性质及数学与科学的关系。§ 5.12 如与实验室工作结合起来使用,应当是最有效的,但它对本书后面的叙述不是必不可少的。

第六章的大部分内容与一般的矢量概论没有太大差别。开头将矢量代数与学生在中学所学的几何算术结合起来。矢量分量的变换,以及极矢量与轴矢量之间的区别等属于供选择的内容。本章中注意到物理矢量与数学矢量的区别,并强调物理量的矢量性

质必须由实验来判定。

第三篇。第七至第十章犹如登楼梯，困难程度和复杂程度逐步增加。对力学的正式阐述主要在这四章。接着的第十一章，对学生来说，是一种受欢迎的调剂材料，第十二章是各种性质截然不同的补充课题的汇集，把这些课题作些安排纳入教学，可以加强力学的学习。

牛顿第一定律和第二定律安排在第七章，除许多一般性的应用外，这一章还讨论参照系、惯性质量与引力质量之间的区别、牛顿第一定律的意义和力学的逻辑结构——尤其是定律和定义互相渗透的问题。

牛顿第三定律放在单独一章(第八章)中，以强调牛顿第三定律与第一、二定律相比是一个十分不同的定律，并阐明第三定律与动量概念的特殊联系。第七章叙述质点力学，第八章叙述系统。§ 8.5 的讨论将这两章联系起来，并表明牛顿三个定律之间的相互联系。§ 8.12 讲到早在第四章讨论过的动量守恒。

第九章中，先对质点的角动量下定义，然后推广到系统。在这几章中，我试图对穿过空间运动的物体和绕定轴转动的物体二者的角动量，给出相当而统一的概念。为此目的，§ 9.3 介绍轨道角动量和自旋角动量。§ 9.9 介绍面积定律(开普勒第二定律)，为第十一章的学习作准备。转动能量的学习推迟到 § 10.9。

考虑到逻辑连贯性，我在第十章的头四节充分讨论了功和动能，虽然 § 10.3 的最后一段和整个 § 10.4 比随后的几节难度更大。这种供选择的材料(指 § 10.3 和 § 10.4——译注)可以删去，或推迟到以后去学。§ 10.7 的例题将在 § 10.8 重现，以便把能量图这个重要方法应用于对例题的分析。不应忽视在这一章靠后部分(§ 10.11)讨论的单摆。

第十一章专门叙述引力，这是因为引力在自然界具有根本的

重要性,同时因为它对力学的起源和近代科学具有历史性的意义。正如前面已经提到,这一章的要求比前几章低一些。

整个第十二章可以看作是供选择的材料,包括五个近乎独立的题目:表面摩擦、刚体静力学、流体、空气摩擦阻力、两体碰撞。可以从中任意选用。

# 目 录

## 第一篇 物理学导论

<b>第一章 物理学的性质</b> .....	1
§ 1.1 物质的层次.....	2
§ 1.2 物理学的重大理论.....	5
§ 1.3 物理学的理论与实验.....	7
§ 1.4 物理学与数学和技术的关系.....	8
§ 1.5 物理学的演变.....	11
<b>第二章 概念、单位和量纲</b> .....	18
§ 2.1 量的概念.....	18
§ 2.2 单位.....	21
§ 2.3 量纲.....	22
§ 2.4 量纲的一致性与单位的一致性.....	24
§ 2.5 长度.....	28
§ 2.6 时间.....	30
§ 2.7 速率.....	33
§ 2.8 质量.....	34
§ 2.9 能量.....	37
§ 2.10 电荷.....	40
§ 2.11 角动量.....	41
* § 2.12 自然单位与无量纲物理学.....	44
<b>第三章 基本粒子</b> .....	55
§ 3.1 亚微观的前沿.....	55
§ 3.2 早期理解的粒子.....	56
§ 3.3 $\pi$ 介子和 $\mu$ 子.....	63
§ 3.4 近代粒子.....	65

① 标有星号的节和小节都是供选择的材料。

§ 3.5	粒子的特性	68
* § 3.6	实验设备	76
§ 3.7	粒子的重要性	84
<b>第四章</b>	<b>守恒定律</b>	<b>91</b>
§ 4.1	绝对守恒定律	91
§ 4.2	电荷守恒	92
§ 4.3	族数守恒定律	94
§ 4.4	能量守恒	98
§ 4.5	动量守恒	99
§ 4.6	角动量守恒	102
* § 4.7	守恒定律与对称原理	104
* § 4.8	空间的均匀性	108

## 第二篇 数 学

<b>第五章</b>	<b>自然科学中的数学</b>	<b>119</b>
* § 5.1	数学的两类真实性	119
* § 5.2	数学与自然界	123
§ 5.3	坐标系与参照系	127
§ 5.4	速率, 导数	130
§ 5.5	角与角速率	137
§ 5.6	函数、表格与曲线图	142
§ 5.7	一维运动学	148
§ 5.8	不定积分	155
§ 5.9	定积分	161
§ 5.10	正弦函数与余弦函数	173
§ 5.11	指数函数与对数函数	177
* § 5.12	概率、实验误差与测量误差	183
<b>第六章</b>	<b>矢量</b>	<b>205</b>
§ 6.1	标量与数值: 几何算术	205
§ 6.2	矢量的加法与减法	208
§ 6.3	矢量乘以数值	215

§ 6.4	位矢	217
§ 6.5	分量	219
§ 6.6	矢量的一致性	226
§ 6.7	标积	227
§ 6.8	矢积	229
§ 6.9	矢量随时间而变化, 矢量的导数	234
§ 6.10	匀速圆周运动	238
§ 6.11	矢量微积分	242

## 附录

1	国际制单位	258
2	物理量的符号和国际制单位	260
3	物理数据	263
4	换算因子	267
5	用国际制(mks)和高斯制(cgs)表示的电磁学方程	272
6	数学公式	274
7	三角函数	287
8	指数函数	289
9	对数函数	290

索引	293
----	-----

# 第一篇 物理学导论

## 第一章 物理学的性质

物理学, 以前称为自然哲学, 它是自然科学中与自然界的基本定律关系最直接的一门学科。自然科学的其它领域和工程技术的各个分支, 都已各自欣欣向荣; 然而归根到底, 它们都建立在构成物理学内容的基本定律的基础上。

按照一个旧的定义, 物理学是研究物质和运动的科学。无论这一定义或其它任何一句话, 都不能充分反映构成物理学的种种创造性成果、积累的知识、统一的概念、数学方程、哲学的影响与实际的应用等交织在一起的状态。近代物理学家已把物质的概念加以推广, 以便包括波场的分布能量和不稳定粒子的瞬时能量; 此外, 近代物理学家很关心运动和变化, 同样也很关心自然现象中不变的方面, 这一点我们将在本书中反复强调。然而物质世界及其各部分之间的相互作用, 仍然是物理学的中心问题, 这是确实的。物理学家的主要目的是: 用一系列尽可能简明的概念和方程, 去概括尽可能多的物质的性质。

**物理学, 是人类  
勤奋的结晶**

**物理学是研究物  
质及其相互作用  
的科学**

初学物理的学生, 在某些方面面临着比高年级学生更艰难的任务。你不光是要弄懂事实论据、定律、方程和解题技巧, 还必须努力认识整个物理学, 体会其普遍意义, 知道它各部分之间的联系, 看出它的范围。你必须学会分清理论与应用、一般定律与特殊事实、物理概念与数学工具等之间的区别。本书打算帮助你学会

学习的双重目的：  
提高普遍的洞察力  
与实际应用的本领

运用物理学解决实际问题的同时，又能提高这种普遍的洞察力，然而只有刻苦努力，这双重目的才能达到。

## § 1.1 物质的层次

自然科学的历史，在很大程度上可以描述成离开人的直接感知世界而向上和向下探索的历史。物理学的前沿已离开人体大小

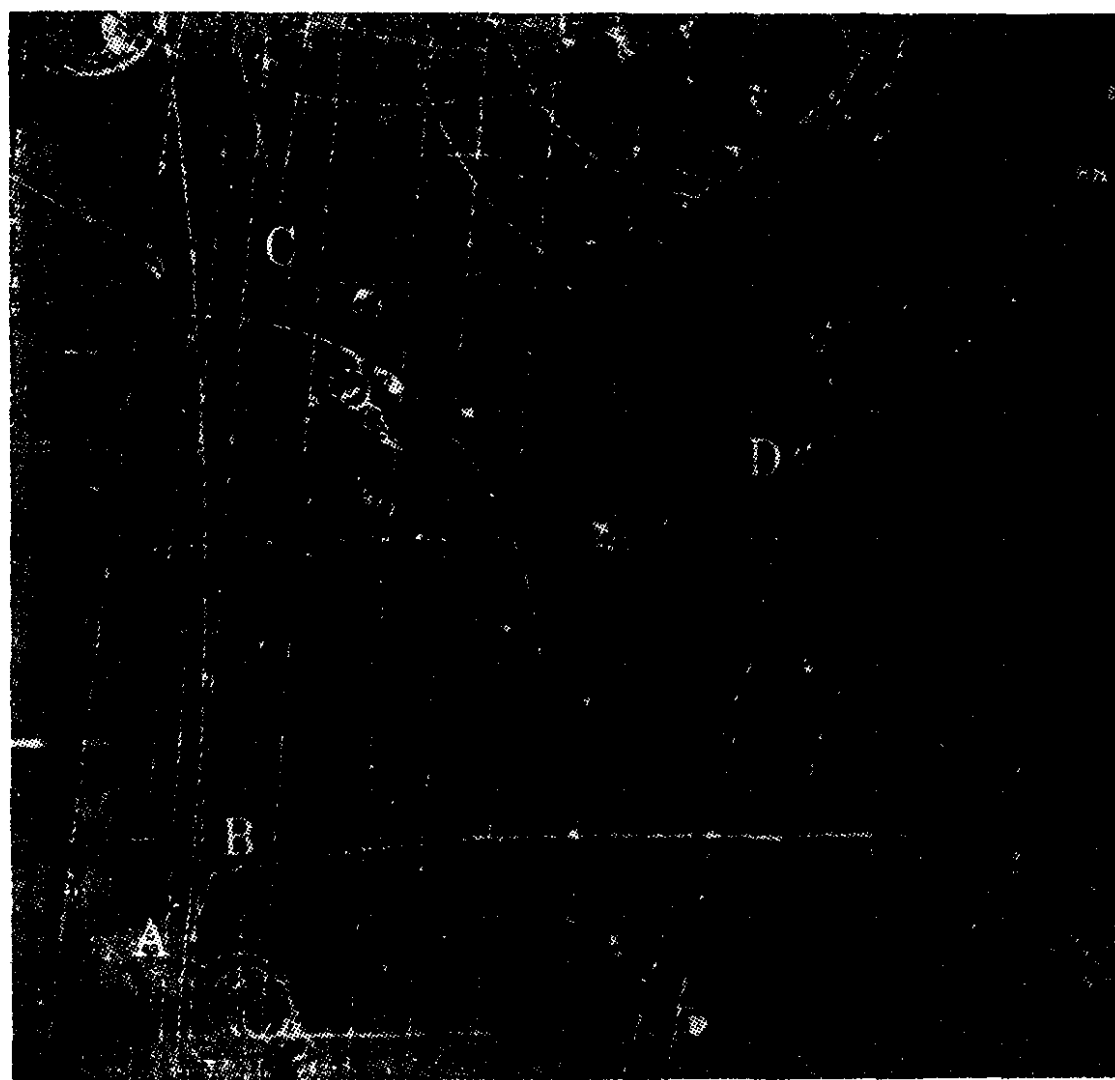
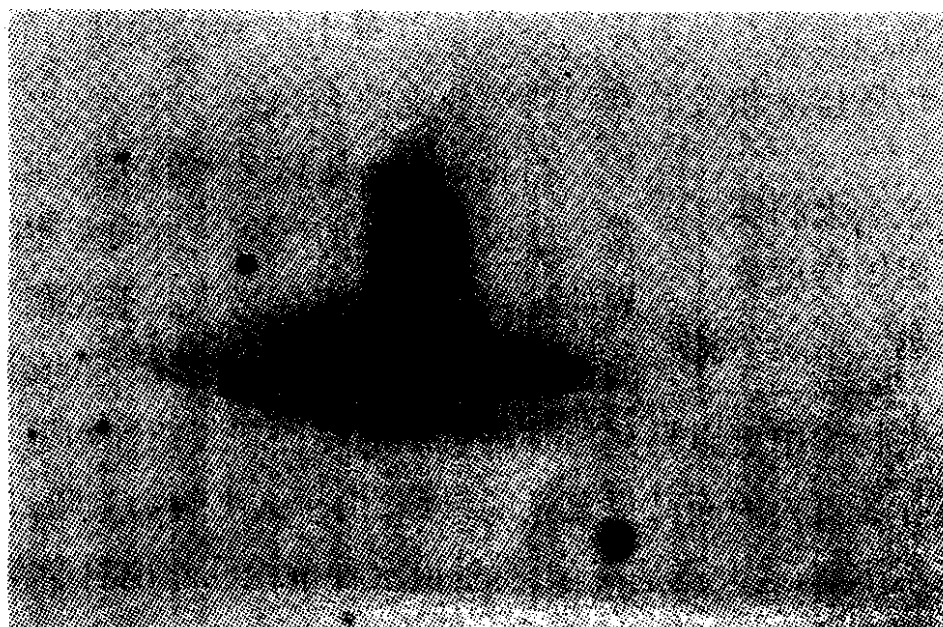


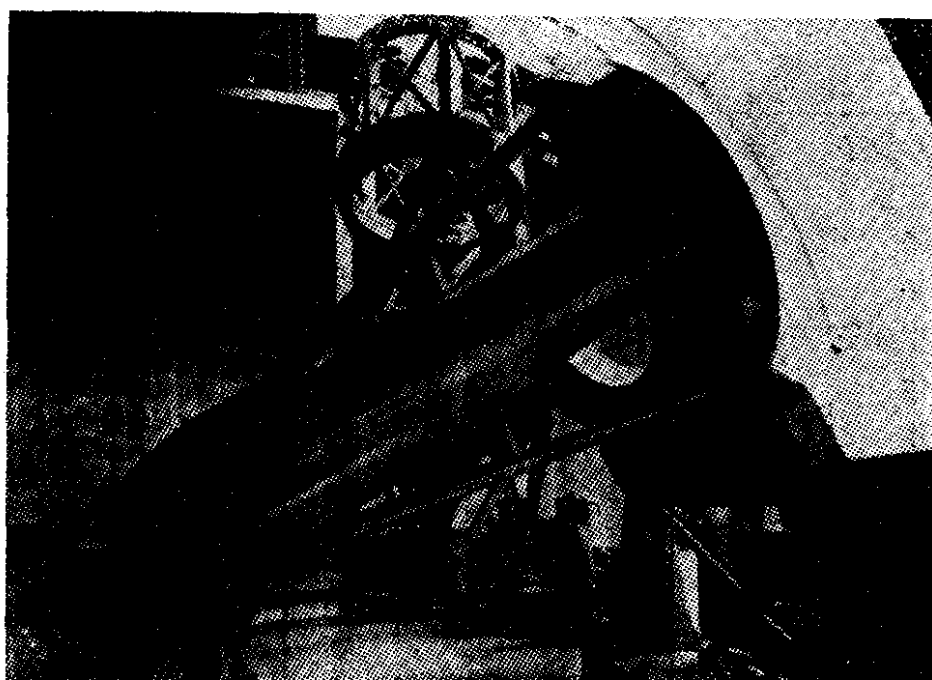
图 1.1 非常小的物体的前沿。气泡室中基本粒子的径迹。在一场亚微观领域的猛烈碰撞中，A 点处两个粒子毁灭，另三个粒子产生。碰撞空间延伸  $10^{-16}\text{m}$ ，时间延续  $10^{-23}\text{s}$ 。在 B、C、D 处有粒子相互作用的其它事件产生。本照片摄于 1964 年，帮助证实了新粒子  $\Omega^-$  的存在。 $\Omega^-$  留下从 A 到 B 的径迹。用于记录这些径迹的气泡室见图 3.10(b)。



的世界(我们称之为宏观世界), 到达亚微观世界(见图 1. 1) 和宇宙学世界(见图 1. 2). 在这两个远隔的极端中间, 排列着物质世界当中已被认识(虽然还不透彻)的那一部分.



(a)



(b)

图 1. 2 非常大的物体的前沿. (a) 一对相互作用的星系. 较小的星系, 象是向较大的螺旋星系中心进入的“雨”星. 关于星系的生命史和星系形状为什么演变, 现在还知道得很少. (b) 在Palomar 山上的200 in的 Hale 望远镜. 拍摄上面这张相互作用的星系照片, 需曝光半小时.