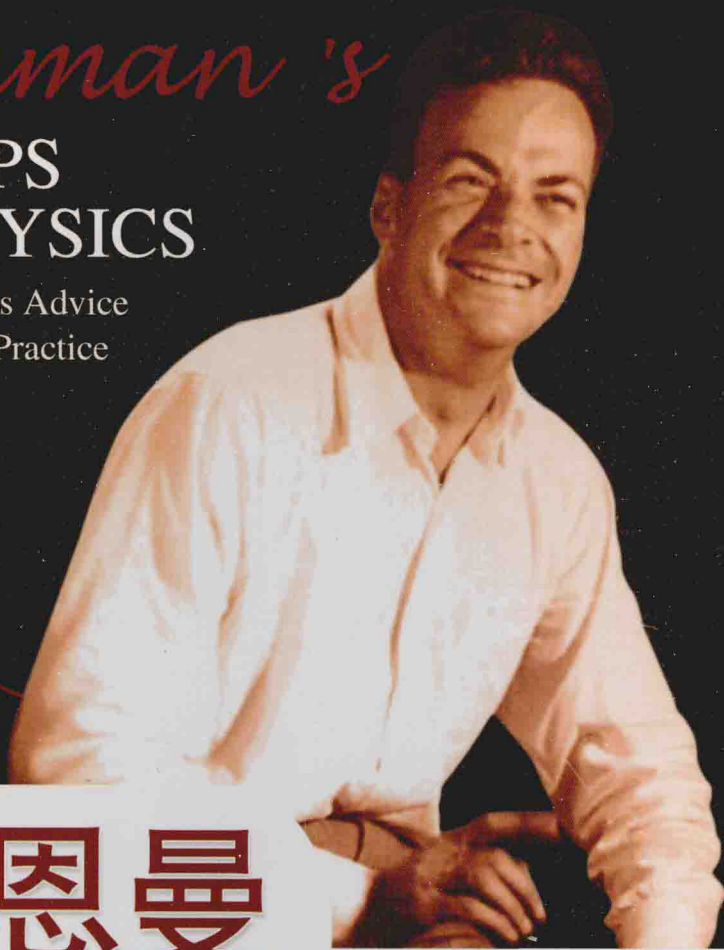


*Feynman's*

TIPS  
ON PHYSICS

Reflections Advice  
Insights Practice



费恩曼

物理学讲义 补编

思考 · 建议 · 领悟 · 练习

[美] 费恩曼(R.P.Feynman) 戈特利勃(M.A.Gottlieb) 莱顿(R.Leighton) 著  
潘笃武 李洪芳 译



上海科学技术出版社

# 费恩曼物理学讲义补编

思考 · 建议 · 领悟 · 练习

费恩曼(R. P. Feynman)

[美] 戈特利勃(M. A. Gottlieb) 著

莱顿(R. Leighton)

马修·桑兹写的回忆

潘笃武 李洪芳 译

上海科学技术出版社

---

### 图书在版编目(CIP)数据

费恩曼物理学讲义补编 / (美) 费恩曼  
(Feynman, R. P.), (美) 戈特利勃(Gottlieb, M. A.),  
(美) 莱顿(Leighton, R.) 著; 潘笃武, 李洪芳译. —  
上海: 上海科学技术出版社, 2014. 10  
书名原文: Feynman's tips on physics  
ISBN 978-7-5478-2185-5

I. ①费… II. ①费… ②戈… ③莱… ④潘… ⑤李  
… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 064836 号

---

### FEYNMAN'S TIPS ON PHYSICS

by Richard P. Feynman, Michael A. Gottlieb and Ralph Leighton

Copyright © 2013 by Carl Feynman, Michelle Feynman, Michael A Gottlieb and Ralph Leighton

Simplified Chinese translation copyright © 2014

by Shanghai Scientific and Technical Publishers

Published by arrangement with Basic Books, a Member of Perseus Books Group through  
Bardon-Chinese Media Agency

ALL RIGHTS RESERVED

### 费恩曼物理学讲义补编

[美] 费恩曼(R. P. Feynman) 戈特利勃(M. A. Gottlieb)

莱顿(R. Leighton) 著

上海世纪出版股份有限公司 出版

上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

常熟市华顺印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11

字数 160 千字

2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-2185-5/O·34

定价: 35.00 元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

## 第二版前言

---

在《费恩曼物理学讲义补编》(艾迪生-卫斯利 Addison-Wesley, 2006)第一次出版以来的六年中,对《费恩曼物理学讲义》的这一补编的兴趣一直没有衰退,其证据就是费恩曼讲义网站([www.feynmanlectures.info](http://www.feynmanlectures.info))的访问者的数量持续增加,这个网站的建立是这样的情况引起的:就是给我们提出了成千上万的问题,其中许多是对《费恩曼物理学讲义》中的错误提出质疑,也有许多是与物理习题有关的问题和评论。

因为这个原因,我们极其愉快并自豪地呈献这本《费恩曼物理学讲义补编》的第二版,这本书作为附属于《费恩曼物理学讲义》的印刷本,录音带和照相的联合版权的一部分,由 Basic Books 公司出版。在好些年中,这些版权分属于不同的出版社。为纪念这个吉祥的事件,《费恩曼物理学讲义(新千年版)》现在第一次用LaTeX版本印刷,这样可以更方便得多地改正错误,并且《费恩曼物理学讲义》的电子版立即就可以制成。此外,这一新版的《费恩曼物理学讲义补编》选用软封面,比之于原来的硬封面价格大大降低,还扩展了包括三篇有关《费恩曼物理学讲义》富于启发性的采访记录:

- 1986年,正值这个计划中的关键部分结束后对理查德·费恩曼(Richard Feynman)的采访。
- 1986年,采访罗伯特·莱顿(Robert Leighton),关于费恩曼作为讲课教师的天赋,以及将“费恩曼语”翻译为英语的挑战。

## 2 费恩曼物理学讲义补编

- 2009年,采访罗丘斯·沃格特(Rochus Vogt),关于加州理工学院协同讲授《费恩曼物理学讲义》的全体教授。

对于那些发来有关《费恩曼物理学讲义》和《费恩曼物理学讲义补编》电子邮件或发布问题和评论的所有的人,我们要对他们致以衷心的感谢:你们的贡献和支持大大帮助了这本书的改进,并且还将受到将来一代又一代读者的感激。对于那些提出更多的练习要求的读者,我们为这一版中不能包含更多习题而抱歉。然而,你们的鼓励已经激发了写一本新的、扩展的书(很快就要出版):《费恩曼物理学讲义习题集》。

迈克尔·戈特利勃(Michael Gottlieb)

拉尔夫·莱顿(Ralph Leighton)

2012年11月

# 序 言

---

今天,在《费恩曼物理学讲义》出版四十多年以后,仍旧有人研读,并且还在启发着人们。

一个特别的情况:几年前我在一次聚会上见到迈克尔·戈特利勃,这次聚会的主人在计算机显示屏上展示一个真实的图瓦喉音演唱歌手——这件事为旧金山的生活增添了许多乐趣——的谐波泛音。戈特利勃学过数学,并且对物理学非常感兴趣,因此我建议他读一读《费恩曼物理学讲义》——大约一年以后,他花了一生中的六个月时间从头到尾非常仔细地研读了《费恩曼物理学讲义》。正如戈特利勃在他的导言中所说,这终于导致产生了你现在正在阅读的这本书,以及《费恩曼物理学讲义》新的“定本”。

因此,我很高兴全世界对物理学有兴趣的人现在可以和这本补编卷一同读到更正确、更完全的《费恩曼物理学讲义》版本——一本里程碑式的著作,它还将在今后的几十年中给学生继续提供知识和启发灵感。

拉尔夫·莱顿

2005年5月11日

# 导 言

---

我第一次听说理查德·费恩曼和拉尔夫·莱顿是在1986年,通过阅读他们的有趣的书《别逗了,费恩曼先生!》。十三年后,在一次聚会上我见到了拉尔夫。我们成了好朋友,并且在下一年中为设计纪念费恩曼的虚拟邮票<sup>①</sup>一同工作。拉尔夫不断地给我读费恩曼编著的或有关他的各种书籍,包括《费恩曼关于计算的讲演》<sup>②</sup>(因为我是一个计算机程序员)。这本吸引人的书中关于量子力学计算的讨论引起了我的兴趣。但是因为没有学过量子力学,领会这些讨论让我感到困难。拉尔夫推荐



理查德·费恩曼,大约在1962年

我阅读《费恩曼物理学讲义》第3卷:量子力学。我从这本书开始读,但第3卷的第1、第2章是第1卷第37和第38章的复制,所以我自己发现要回过头去参考第1卷而不只是研读第3卷。因此我决定从头到尾研读全部《费恩曼物理学讲义》——我下决心学点量子力学!然而,随着时间的推移,这个目标成为第二位了,我越来越强烈地被费恩曼的迷人世界所吸引。学习物理学的乐趣,仅仅是为了对它的兴趣,这成为我最优先的事。我上瘾了!大约第1卷读到一半的时

---

<sup>①</sup> 我们的邮票登载在《土著图瓦的未来》的唱片套上,这是一张图瓦喉音演唱大师昂达尔(Ondar)主演并有理查德·费恩曼演出小品的CD唱片(华纳兄弟公司 Warner Bros. 947131-2),1999年发行。

<sup>②</sup> *Feynman Lectures on Computation*, 理查德·费恩曼著,安东尼·海(Anthony J. G. Hay)和罗宾·阿伦(Robin W. Allen)编,1996,艾迪生-卫斯利,ISBN 0-201-48991-0。

候,我暂时停止编写程序的工作,在哥斯达黎加乡间待了六个月,用全部时间学习《费恩曼物理学讲义》。

每天下午,我学一章新课并且做习题;上午我复习并校对昨天的课程。我通过电子邮件和拉尔夫联系,他鼓励我把我提到的在第1卷中发现的错误记录下来。这并不是很重的负担,因为在那一卷里只有很少的错误。然而,当我进行到第2和第3卷时,我对发现越来越多的错误感到困惑。最后,我收集了《费恩曼物理学讲义》中总共170个以上的错误,拉尔夫和我都很吃惊:怎么会有这么多的错误在这么长的时间里一直漏网了?我们决定试试看可以做些什么,以便能在下一版中将它们改正。

那时,我注意到在费恩曼的前言中几句有趣的话:

“没有关于怎样解习题的课是由于有辅导课。虽然在第一年中我确实讲过三次怎样解习题的课,这些都没有包含在这本书里。还有一堂关于惯性导航的课,这肯定是在讲转动系统课的后面,但是很遗憾,它不见了。”

于是就产生了重建这些丢失的讲课稿的想法:如果认为这些确实是有价值的话,就要把它们提交给加州理工学院和艾迪生-卫斯利出版社,纳入更为完整的、经过校勘的《费恩曼物理学讲义》的新版本中。但首先我必须找到找到遗失的讲课稿,可我当时还在哥斯达黎加!经过稍许逻辑推理和研究,拉尔夫就可以确定讲课记录的所在,它原先收藏在他的父亲的办公室或加州理工学院档案馆的某处。拉尔夫还找到了遗失的讲课录音磁带,并且在我回到加利福尼亚查找案卷中的错误时,偶然地在有一个有各种各样照相底片的盒子里发现了黑板照相(一直以为丢失了的)。费恩曼的后人慷慨地允许我们使用这些材料,从而,加上费恩曼——莱顿——桑兹三人组中唯一在世的成员——马修·桑兹(Matthew Sands)有益的点评,拉尔夫和我重现了复习课B作为一个样品,并将它和《费恩曼物理学讲义》的勘误一同提供给加州理工学院和艾迪生-卫斯利出版社。

艾迪生-卫斯利热情地接纳了我们的想法,但是加州理工学院最初表示怀疑。因此拉尔夫求助于加州理工学院的理查德·费恩曼理论物理讲座教授基普·索恩(Kip Thorne),他终于设法使所有的有关方面达成一致的认识,并且他还慷慨地义务花时间指导我们的工作。由于历史的原因,加州理工学院不愿修改已有的《费恩曼物理学讲义》,拉尔夫提出将遗漏的讲课稿放在另一本书中,这就是这本补编的起因。它和新的《费恩曼物理学讲义》定本并行出版,在定本中



我找到的错误以及许多读者发现的其他错误都已改正。

## 马修·桑兹的回忆

在我们重建这四讲课程的努力过程中，拉尔夫和我遇到了很多问题。我们觉得非常幸运可以从马修·桑兹教授那里得到答案，他是尽力于实现《费恩曼物理学讲义》这个雄心勃勃的计划的人。我们对大家都不知道这些讲课起源的历史觉得惊讶，并且还认识到我们这个计划提供了补救这方面不足的机会。桑兹教授还爽快地答应写一篇关于包括这本补编在内的《费恩曼物理学讲义》起源的回忆文章。

## 四次讲课

我们从马修·桑兹那里得知，在1961年12月，费恩曼在加州理工学院一年级第一学期物理学课程将近结束时<sup>①</sup>，当时觉得离期末考试只有几天，还要给学生介绍新的内容不大合适。所以在考试前的一星期，费恩曼讲了三堂可任意选择的复习课，在这些课上不讲新的内容。这些复习课是为班上有困难的学生讲的，强调理解和求解物理习题的技巧。有些例题具有历史的意义，包括卢瑟福发现原子核，以及确定 $\pi$ 介子的质量。费恩曼以其超人的洞察力讨论了另一种问题的答案，这对于他的一年级学生课堂上的至少一半学生是同样的重要：这些学生因觉得他们自己处在平均水平以下而产生的情绪上的问题。

第四次课——《动力学效应及其应用》，是一年级第二学期开始、学生寒假后刚刚返校时讲的。原来它是第21讲，当时的想法是在18章到20章中讲解了关于转动的较难的理论讨论后稍稍放松一下，还要给学生讲一些由转动引起的有趣的应用和现象，“只是为了娱乐。”这次讲课的大部分是讨论在1962年时相对新的技术：实际的惯性导航。讲课的其余部分讨论了转动引起的自然现象，并且也提供了一些线索，就是关于费恩曼把这一讲从《费恩曼物理学讲义》中删去说成是“不恰当的”的原因。

---

<sup>①</sup> 加州理工学院的学年分成三个学期；第一学期从9月下旬到12月上旬，第二学期从1月上旬到3月上旬，第三学期从3月下旬到6月上旬。

## 讲课以后

每次讲课结束以后,费恩曼总是让麦克风继续开着,这就给我们提供了宝贵的机会,可直接听到费恩曼如何与他的本科学生交流。这里提供了《动力学效应及其应用》课后的记录作为例子,特别值得注意的是关于 1962 年刚出现的从模拟到数字方法转变的实时计算的讨论。

## 习题

在这个计划的执行过程中,拉尔夫和他父亲的好朋友兼同事罗丘斯·沃格特重新建立了联系,他宽厚地允许再出版《基础物理学习题》(*Exercises in Introductory Physics*)中的习题和解答。这本习题集是早在 20 世纪 60 年代,罗伯特·莱顿和他专门为《费恩曼物理学讲义》编撰的。由于篇幅的限制,我只选择了第 1 卷第 1 到 20 章的习题(这些涵盖了《动力学效应及其应用》以前的材料),优先选择那些,用罗伯特·莱顿的话说,就是“数值上和解析上简单,而内容深刻并有启发性”的问题。

## 互联网

要获得有关这一本书和《费恩曼物理学讲义》更多信息的读者,请访问 [www.feynmanlectures.info](http://www.feynmanlectures.info)。

迈克尔·A·戈特利勃  
哥斯达黎加,普拉亚·塔马林多  
[mg@feynmanlectures.info](mailto:mg@feynmanlectures.info)

## 鸣 谢

---

我们要对帮助实现这本书的所有人致以衷心的感谢，尤其是：

托马斯·汤布里洛(Thomas Tombrello)，物理、数学与天文系主任，因为他代表加州理工学院批准这一计划。

卡尔·费恩曼(Carl Feynman)和米歇尔·费恩曼(Michelle Feynman)，理查德·费恩曼的继承人，他们允许在这本书里出版他们的父亲的讲课稿。

玛吉·莱顿(Marge L. Leighton)，她允许出版从《罗伯特·莱顿的口述历史》中的摘录，以及出版《基础物理学练习》中的习题。

马修·桑兹，感谢他的智慧、学识、建设性的评论和对原稿的意见——还有他的生动的回忆。

罗丘斯·沃格特，感谢他在《基础物理学练习》中的精巧的习题和答案，感谢他和我们的会见，以及在这本书中允许我们使用这些材料。

迈克尔·哈特尔(Michael Hartl)，感谢他对原稿的仔细校对和勘误《费恩曼物理学讲义》的勤奋工作。

约翰·尼尔(John Neer)，热心地提供费恩曼在休斯飞机公司的讲演并和我们分享这些记录。

海伦·塔克(Helen Tuck),曾任费恩曼的秘书多年,感谢她的鼓励和支持。

亚当·科契伦(Adam Cochren),感谢他在处理错综复杂的图书合同方面熟练的技巧,以及为这本书和《费恩曼物理学讲义》找到新家的美好品质。

基普·索恩,他的谦和及不知疲倦的工作赢得每一个有关人士的信任和支持,还有他对我们的工作的督促。

# 目 录

---

第二版前言

序言

导言

鸣谢

《费恩曼物理学讲义》的起源——马修·桑兹的回忆 / 1

采访理查德·费恩曼 / 12

采访罗伯特·莱顿 / 19

采访罗丘斯·沃格特 / 25

**1** 预修课——复习课 A / 31

**2** 定律与直觉——复习课 B / 54

**3** 习题及解答——复习课 C / 82

**4** 动力学效应及其应用 / 104

**5** 习题选 / 137

习题答案 / 153

照相惠允 / 158

索引 / 159

# 《费恩曼物理学讲义》的起源

---

马修·桑兹的回忆

## 20 世纪 50 年代的教育改革

1953 年,当我成为加州理工学院正式的教师时,我被安排讲授一些研究生的课程。我发现我自己对研究生课程大纲十分不满意。在第一年中,给他们讲的课只是经典物理学——力学、电学和磁学。(即使电学和磁学的课也只包括静电和静磁学,甚至连辐射理论都没有。)我想,在研究生二年级或三年级以前不给这些优秀的学生接触近代物理学(其中许多内容已经有 20 到 50 或更长的年份了),这是一件很糟糕的事。所以我就开始争取改革课程大纲。在洛斯阿拉莫斯的日子我就已经认识费恩曼,几年前我们都来到加州理工学院。我请求费恩曼参加这项活动,我们提出一个新的课程大纲,最后说服了物理系教师接受它。第一年的课程包括电动力学和电子论(由我教),基础量子力学(由费恩曼教),我还记得数学方法的课是罗伯特·沃克(Robert Walker)教的。我认为新的大纲是十分成功的。

大约也是在那个时候,麻省理工学院的杰罗尔德·札查里阿斯(Jerrold Zacharias)在苏联人造地球卫星成功发射的激励下推动一个美国高中物理教学复兴的计划。一个成果是制订 PSSC(物理科学学习研究委员会,Physical Science Study Committe)计划,加入了许多新的材料和思想,也产生了一些争论。

当 PSSC 计划接近完成时,札查里阿斯和一些同事[我想其中有弗朗西斯·弗里德曼(Francis Friedman)和菲利普·莫里森(Philip Morrison)]确定已经到了也要着手改革大学物理的时候了。他们组织了两次大型的物理教师会议,在此基础上,组成了大学物理委员会,一个由 12 所大学的物理教师组成的全国委员会,受国家科学基金会支持。委员会承担起激励全国为大专院校中教授的物

理学课程的现代化而努力的任务。札查里阿斯邀请我参加这些早期的会议,我后来参加这个委员会的工作,最后担任主席。

## 加州理工学院教学大纲

这些活动鼓舞我开始考虑,对于加州理工学院本科生的教学大纲可以做什么。我对这个大纲一直不满意。基础物理课还是依据密立根(Millikan)、罗勒(Roller)和沃森(Watson)写的书。这是一本写得很好的书。我想它是在 20 世纪 30 年代编写的。虽然后来罗勒做了修订,可是书中很少或者没有近代物理学。并且教的这些课程没有讲义,所以很少有机会引进新材料。课程的强度在于一系列由福斯特·斯特朗(Foster Strong)<sup>①</sup>收集的艰深的“习题”,这些习题用作每周的课外作业和每两周的辅导课上讨论的指定习题。

和其他物理教师一样,我每年都被指派担任几位主修物理的学生的指导教师。当我和学生谈话时我常常觉得沮丧,这些学生到三年级的时候对于继续学物理感到泄气。看来至少部分原因是因为他们已经学了两年物理,但仍旧没有接触到任何当代物理学的概念。所以我决定不等全国的大纲完成,就在加州理工学院做一些试验。尤其是要把“近代”物理的某些内容——原子、原子核、量子和相对论——引进基础课程。和几位同事研究之后——主要是托马斯·劳利森(Thomas Lanritson)和费恩曼——我向当时的物理系主任罗伯特·贝歇(Robert Bacher)建议,应当开始改革基础课程的计划。他最初的反应并不十分积极。他实际上是说:“我已经告诉人们我们有一个非常好的,并且我为之自豪的大纲。我们的讨论班还配备了一些我们资深的教师。为什么我们还要改变呢?”我坚持不懈并得到其他几位教师的支持,于是贝歇宽厚地接受了这个想法,并且很快从福特基金会获得一笔赞助金(如果我没有记错,大约有一百多万美元)。这笔赞助金用于基础实验室更新设备的开支,以及用于发展课程的新内容——特别是给一些临时教员担任正规的职务,担任这些职务的人要把全部时间投入这个计划。

得到赞助金以后,贝歇任命了一个小型的专门小组领导这个计划: 罗伯

---

<sup>①</sup> 这本书第五章的练习中有 10 多个习题是取自福斯特·斯特朗的收集,在罗伯特·B. 莱顿和罗丘斯·E. 沃格特的《基础物理学练习》中许可重印。

特·莱顿任组长,还有维克多·内赫(Victor Neher)和我。莱顿从事高年级教学已经有很长的时间了——他的书《近代物理学原理》<sup>①</sup>是主要依据;内赫以优秀的仪器专家闻名。我那时对贝歇没有任命我为组长而不高兴。我猜想部分原因是我要负责管理同步加速器实验室已经很忙,但我一直认为他也担心我可能过于“激进”,所以他要让莱顿的保守主义来平衡这个计划。

委员会一开始就一致同意内赫专注于发展新的实验室——他对这有很多想法——我们应当为下一学年开出一门课的目标努力——试探一下这门课是否能为开发新的课程内容提供最佳结构。莱顿和我为这门课设计了教学大纲。我们各自独立地草拟课程概要,每星期碰一次头比较进度,并力图找到一个共同的基础。

## 僵局和灵感

我们很快就弄清楚,共同的基础是不容易得到的。我总是觉得莱顿的处理方法过多地将已经流行了60年的物理课程的内容改头换面。而莱顿认为我提出了不切实际的想法——一年级学生对我要介绍的“近代”内容还没有做好准备。幸运的是,我的决心在经常和费恩曼的交谈中得到支持。大家都已经熟知费恩曼是一位给人深刻印象的讲课教师,尤其擅长给普通听众解释近代物理学的思想。在我从学院回家路上常常到他家停留一会,听听他对我的想法的意见,而他常常给我提出建议可以做些什么,通常都是支持的。

经过几个月努力之后,我变得十分沮丧;我看不出莱顿和我在教学大纲上如何可以达成一致意见。我们对课程的概念看来完全不同。有一天,我获得一个灵感:为什么不邀请费恩曼来讲授这门课程?我们把莱顿和我自己的课程概要都提供给他并让他决定怎样做。我立即用下述方式向费恩曼提出这个想法:“你看,迪克(Dick),到现在为止,你生命中的40年已经用在探索对物理世界的认识上面。现在你有个机会把所有这些整理一下并介绍给新一代的科学家。为什么你不可在明年给一年级大学生讲讲课呢?”他并不立即表示热心,但在这以后的几个星期中我们继续讨论这个想法,他不久就接受了这个意见。他说我们或许可以这样做或那样做。或者说这放在此地可能适合,等等。这样讨论了几星

---

<sup>①</sup> 《近代物理学原理》,罗伯特·莱顿,1959,Mc Graw-Hill, *Principles of Modern Physics*, by Robert B. Leighton, Library of Congress Catalog Card Number 58-8847.



期后,他问我:“是否有过一位大物理学家给一年级学生讲过课?”我告诉他我不认为曾经有过这事。他的回答是:“我来做这事。”

### 费恩曼愿意讲这门课

在我们下一次委员会的会议上,我以极高的热情提出我的建议——只是莱顿冷冷的反应使我感到沮丧。“这不是一个好的想法。费恩曼从来没有教过本科生课程。他大概不知道怎样和一年级学生谈话,不知道他们可以学些什么。”但是那天内赫救了我。他的眼睛激动得闪光,他说:“这太好了。迪克懂得这么多物理,他还知道怎样讲得有趣。假如他真的愿意做这件事,实在难以置信。”莱顿被说服了,他一旦被说服,就全心全意地支持这个想法。

几天之后,我又遇到下一个障碍。我把这个想法告诉了贝歇。他没有多考虑这个意见。他认为费恩曼对研究生的课程是太重要了,所以可能没有多余的时间,谁来教量子电动力学呢?谁来指导理论研究生呢?此外,他真的能够屈就一年级的水平吗?关于这一点,我和物理系中对贝歇讲了一些支持的话的几位资深成员进行了一些疏通。最后,我用学究们喜欢的论证:如果费恩曼真的愿意做这件事,你们要说他不应该吗?决定终于做出了。

在第一堂课还剩下六个月的时候,莱顿和我告诉费恩曼我们一直在想些什么。他开始深入仔细地考虑发展他自己的思想。最后,我每星期去他家一次,我们讨论他在想的一些东西。他有时候问我,某些特殊的方式是否可能被学生接受,或者是不是认为这样或那样的题材顺序最“有效”。我可以讲一个特殊的例子。费恩曼一直在考虑怎样介绍波的干涉和衍射的概念,难以找到合适的数学方法——一个既直接又有效的方法。他想不出一个可以不用复数的方法。他就问我,他是不是认为一年级学生能够用复数代数进行运算。我提醒他加州理工学院招收的学生最重要的原则就是根据他们在数学方面表现出来的能力进行选择,我相信他们不会有处理复数代数方面的问题,只要事先对这个主题作一些简要的介绍就行。他的第22讲中就包含了复数代数的引人入胜的介绍,他把这些用在接下来的描述振荡系统的多次讲课中,在物理光学问题中等。

开始时又出现一个小问题。费恩曼有一个长期的习惯,在秋季学期离开加州理工学院三个星期,这样就要错过两次讲课。我们一致认为这个问题容易解决,在这几天里我来代替他。不过,为了不致打断他的讲课的连续性,我准备讲