

第1章 科学怪才、教育楷模

1.1 走近费恩曼

1988年2月16日，诺贝尔物理学奖获得者、美国加州理工学院理论物理教授理查德·费恩曼先生不幸与世长辞，2018年是这位伟大物理学家诞辰100周年。费恩曼思想的光辉指引着后人：不做世界的观光客，而是科教的探险者。为了开卷有益，本书首先摘录两个关于他的简介，一个是他本人写的，另一个是时任康奈尔大学教务长戴尔·科尔森 (Dale R. Corson) 为1964年度梅森哲讲座所作的介绍词。

1.1.1 他的自撰和他人写的介绍

一、费恩曼自传^[5]

我一生的几个事实：我于1918年出生在纽约郊区的一个名叫法罗克维的小镇子，靠海边。我在那儿一直生活到1935年，那时我17岁。我到麻省理工学院待了四年，然后，大约是1939年，我到了普林斯顿大学。在普林斯顿那段时间，我开始参加“曼哈顿计划”，最后在1943年4月到了洛斯阿拉莫斯，一直待到1946年10月或者11月的样子，我到了康奈尔大学。

我在1941年和阿琳结婚。我在洛斯阿拉莫斯期间，1946年，她死于肺结核。

我在康奈尔大学一直待到大约 1951 年。1949 年夏天，我访问了巴西，1951 年又在那儿待了半年，然后到了加利福尼亚理工学院，以后就一直待在那儿。

1951 年末我在日本待了几个星期，一两年后，我和我的第二任妻子玛丽·露又去了趟日本。

我现在和格温妮丝结了婚，她是英国人。我有两个孩子，卡尔和米歇尔。

二、他人的介绍词^[6]

康奈尔大学教务长戴尔·科尔森为 1964 年度梅森哲讲座所作的介绍词。

女士们和先生们，我很荣幸地介绍梅森哲讲座的演讲者，加利福尼亚理工学院的费恩曼教授。费恩曼教授是一位杰出的理论物理学家，他在从标志着战后物理学突飞猛进时期的大混乱中整理出头绪来的工作里，作出了重大的贡献。在他所得到的许多荣誉和奖励中，我只需提 1954 年的爱因斯坦奖就够了。这是一个每三年颁发一次的奖项，包括一枚金质奖章和一笔可观的奖金。

1944 年他被任命为康奈尔大学的助理教授，虽然在战争结束之前他没有到任。我想看看他在被康奈尔任命的时候人们是怎样说他的，这也许是一件有趣的事情。因此我在我们大学的董事会会议记录里寻找……而那里根本没有关于他任命的记录。不过，却有大约 20 份关于他请假、提薪和升职的文件留在里面。其中一份文件特别引起了我的兴趣。1945 年 7 月 31 日，物理系主任致函给文学院的院长说：“费恩曼博士是一位出色的教师和研究人員，像他这样的人才是很罕见的。”系主任提出，像费恩曼这样的一位杰出教授，年薪三千美元是少了一点，建议给费恩曼的年薪增加九百美元。而那位院长则以不寻常的慷慨大度，并且完全不顾学校出不起，大笔一挥将九百美元这几字划掉，改成了一千美元。你们可以由此看到，我们甚至在那时就已经高度评价费恩曼教授了！费恩曼于 1945 年底到我们这里上任，并且在我们的教授队伍里度过了富有成效的 5 年。他在 1951 年离开了康奈尔去了加州理工学院，此后一直留在那里。

在我请他演讲之前，我想告诉你们一点他的事情，三四年前，他在加州理工学院开始讲授一门基础物理学课程，又博得了广泛的声誉——他的讲义迄今出版了三卷，为物理学的教育带来了耳目一新的方式。

除了大家都知道的那样，费恩曼还会演奏邦戈鼓，他的另一个长处是开保险箱。传说他有一次打开了一处保密设施里的一个锁好了的保险箱，拿走了一份机密文件，并且留下了一张条子，上面写着“猜猜是谁？”

1.1.2 费恩曼学说中国话

众所周知费恩曼具有语言天赋，喜爱学习也会说多种语言，如葡萄牙语和日语等，但殊不知他在学说中国话时出了洋相。费恩曼在美国政府的一个项目资助下，两次去巴西休假和讲学，期间他玩儿命学当地的语言，想用葡萄牙语讲物理课。

当他回到加州理工学院，接到一个参加巴舍尔 (Bacher) 教授做东的聚会请柬。在费恩曼到来之前，巴舍尔告诉人们：“费恩曼这个家伙，学了几句葡萄牙语，就自以为聪明，咱们大家修理修理他。史密斯太太，是位在中国长大的白种人，让她用中国话和费恩曼打招呼。”

费恩曼被蒙在鼓里，溜达着来参加聚会。巴舍尔把费恩曼引荐给大家说：“费恩曼先生，这位是某某先生。”

“请来会会费恩曼先生。”

“你好！费恩曼先生。”

“这位是史密斯太太。”

“哎，您好！”她一边说，还一边鞠躬。

费恩曼吓了一跳，他琢磨着，怎么回事，这位女士这么客气，也只好以同样的姿势回敬了。费恩曼礼貌地向史密斯太太弯弯腰，信心十足地说：“啊，垒好！”

“哦，我的上帝！”她自己禁不住叫了起来。“我就知道会这样——我说普通话，他说广东话！”



1.2 费恩曼的成长轨迹

1918年5月11日，理查德·菲利普·费恩曼 (Richard Phillips Feynman) 出生于美国纽约市郊的一个犹太移民家庭。他的父亲梅维尔·费恩曼 (Melville Feynman) 是幼年随父母从俄罗斯迁到美国的，后来从事制服销售生意。他的母亲露西尔·菲利普 (Lucille Phillips) 基本上待在家里操劳家务。理查德是他们的长子，后来，费恩曼有了一个比他小9岁的妹妹琼 (Joan)(图 1-1)。



图 1-1 费恩曼全家福

1.2.1 碰到难题不解开绝不罢休

费恩曼小时候常常由父亲带到曼哈顿的自然历史博物馆参观。父亲还让他玩各种益智游戏，例如不同颜色的小瓷片，按照一定的间隔规则，看看能够排出什么花样来，并且把这个游戏当作基本的数学训练。

父亲教导他，事物本身是不重要的，重要的是怎样去发现它们，要想了解事物的本质，就要到大自然里去。他在只有几岁大玩儿玩具小车的时候，注意到在小车启动时，车厢上的小球会向后滚，而当小车突然停止时，球总是向前滚。费恩曼问他的父亲为什么，得到的回答是：“普遍的规律是任何运动着的物体倾向于继续运动，而静止的物体则倾向于保持静止。人们把它称为‘惯性’(图 1-2)。”这样就使费恩曼不仅晓得“惯性”这个名词，而且也掌握了它的本质。又如，当父亲带着费恩曼到树林中散步，观察一些鸟雀时，父亲告诉他：“不仅要知道鸟的名称，关键还要知道这只鸟在做什么，这才有意义。”父亲还常提出诸如鸟儿为什么经常用嘴整理身上的羽毛，和有些树叶上为什么会有一道弯曲的痕迹等问题同他讨论。虽然父亲对一些问题的解释在细节上未必正确，甚至完全可能是胡编瞎猜的，但费恩曼认为：“他试图向我解释的想法，是

生活当中有趣的部分。这种追根寻源的做法无论有多么复杂，主要点在于坚持下去。”

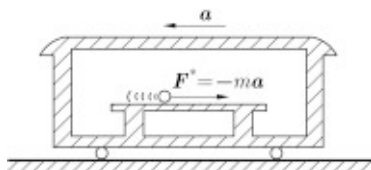


图 1-2 费恩曼在孩提时就知道存在惯性力

费恩曼后来回忆道：“这就是父亲教育我的方式。这种教育是通过举例和讨论进行的，它完全没有压力，而只是一种令人愉快的和饶有趣味的讨论。这种精神在我的一生中一直鼓励着我，并使我对所有科学都感兴趣。”

费恩曼上初中时，有幸遇到了优秀的数学、物理和化学教师。有一次高中物理老师贝德 (A. Bader) 看到费恩曼一副不满足的神态，便对他说：“看来你有点不耐烦，我要给你讲点有趣的东西。”这位教师讲的实际上是质点力学里的最小作用量原理，即质点在初始位置到终止位置之间，拉格朗日量 (其等于动能减去势能) 对时间的积分，对于实际路径来说取最小值。费恩曼对此具有强烈的兴趣，对这一原理的偏爱，一直支配着他日后的研究方向。

费恩曼在高中阶段最着迷的科目是数学，他不满足于课内的进度，自学了解析几何和微积分等。他参加了班上的一个代数小组，与其他学校进行比赛。此外，总有一些同学拿着这样或那样的数学习题来找费恩曼，而他不把那些难题解出来，是不会罢休的。实际上，费恩曼的数学直觉和解决问题的非凡洞察力，起初就是通过这样一系列的训练活动培养出来的。

费恩曼的另外一个天赋是他的动手能力。小的时候，他就在家里动手做各种各样的小实验。他自己装过简单的机电和光电控制电路，摆弄过矿石收音机。上中学后，他又买到一些处理的残旧电子管收音机 (图 1-3)，自己摸索试着修理。他逐渐对这些东西熟悉起来，技术颇有长进。少年费恩曼的名气慢慢在镇上传开来，人们纷纷找他修理出了毛病的各式各样的收音机。后来，费恩曼还修理过

打字机等日用机器。这些少年时代的经验，不仅给日后从事实际工作带来好处，更重要的是培养了一种不屈不挠地解决问题的精神。他说：“发现问题出在哪里，想办法修好它，这正是我感兴趣的，我这人碰到难题，总是不解开绝不罢休。”



图 1-3 20 世纪 30 年代美国“飞哥”牌电子管收音机

在家乡，费恩曼结识了比他小一岁多的女孩儿阿琳·洛林鲍姆 (Arline Greenbaum)。一天，阿琳对费恩曼说：“我们学到笛卡儿，哲学老师从‘我思，故我在’这一命题出发，最后证明了上帝的存在。”费恩曼马上说：“这是不可能的。”他已经从父亲那里学会了不必盲从权威，对于不管是谁说的话，都要自己去分析和判断。

费恩曼终于说服了阿琳，但她又提起另外一个问题：“我的老师告诉我们，‘每一个问题都有两个方面，就像每一张纸都有正反两个面一样’。”费恩曼立即回答说：“你讲的这个问题也有正反两个方面。”阿琳吃惊地问：“你这是什么意思？”

原来，费恩曼在《不列颠百科全书》里读到过关于莫比乌斯带 (图 1-4) 的知识。他拿来一条纸条，先铺平了再把它的两端相对扭转 180 度，最后粘成一个环带。这样做出来的莫比乌斯带是只有一个面的几何体。

费恩曼的演示使阿琳觉得很好玩。第二天上课的时候，她把它带到课堂上去。当哲学老师拿起一张纸，说任何问题都像一张纸一样有正反两个方面的时侯，阿琳取出了她事先带来的纸环，举手发言说：“先生，甚至你的那个问题也是

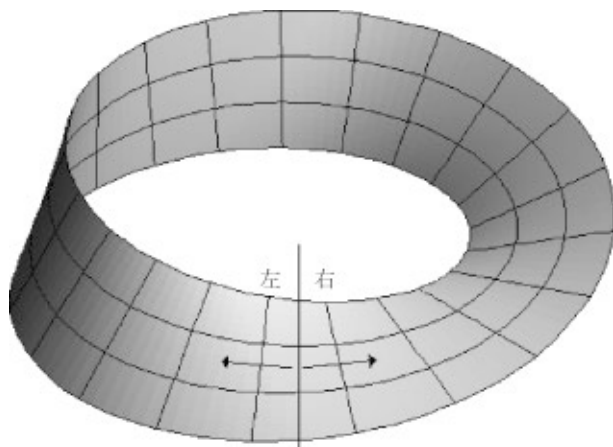


图 1-4 用来说明事物两面性的莫比乌斯带

有正反两个方面的 (即也许对也许错), 这就是只有一个面的纸带。”结果, 整个教室为之轰动。

后来, 阿琳生病了, 迫于医务人员和双方家长的压力, 费恩曼一度违心地 toward 阿琳隐瞒了病情。当她终于从费恩曼口中知道了真相时, 第一个反应不是责怪他, 而是脱口而出: “天哪! 他们让你遭了多大的罪啊!” 因为阿琳知道, 让费恩曼说谎话是多么的困难。

1942 年春天, 这时候费恩曼和惠勒都已分别参加了战时的军事工作。费恩曼用了六个星期的时间, 赶写了题为《在量子力学中的最小作用原理》的博士论文, 在同年 5 月通过了学位论文。尔后, 费恩曼就义无反顾地向家人宣布, 他要同阿琳结婚, 家人和朋友都反对。而费恩曼回答他们说: “如果一位丈夫知道他的妻子患上了肺结核就离开她, 难道这是一种合乎情理的做法吗?” 费恩曼觉得, 只有成为丈夫而不再仅仅是未婚夫, 才能更好地照顾病中的阿琳 (图 1-5)。

1945 年 6 月, 阿琳病危, 费恩曼匆匆赶到离他工作的普林斯顿不远的新泽西州, 当初费恩曼为了便于照看阿琳, 把她安置在此处的一所慈善医院。阿琳已经呼吸困难, 昏迷不醒。几个小时后, 费恩曼目送她永远离去。

费恩曼回到了洛斯阿拉莫斯 (Los Alamos), 对前来慰问的同事简单地说: “她去世了, 而任务进行得怎么样了?” 他如常工作。一个月后的一天, 费恩曼走过一家百货商店, 看到橱窗里的一套漂亮衣服, 忽然想到阿琳一定会喜欢的时候, 才禁不住泪流满面。



图 1-5 她就是阿琳, 费恩曼第一任妻子、心中的那盏灯

1.2.2 求学历程

1935 年秋, 17 岁的费恩曼中学毕业, 进入麻省理工学院 (MIT)。他起初填报的主修专业是数学。可是, 就在第一个学期, 听过一段时间的课之后, 费恩曼就去找数学系主任, 开门见山地咨询: “学的这些高等数学, 除了为学习更多的数学做准备之外, 还有些什么用处呢?” 那位主任回答说: “你既然问了这样的问题, 就说明你不属于数学系。”

费恩曼的这个疑问, 现在看来也很有意思。学科的进展已使许多物理内容发生了革命性的变化, 在高等教材以及教师授课中, 应为读者或学生设计出一种尽可能的自给和完整的处理方法, 从而连接好基础与发展的关系。

费恩曼想转到比较实际的工科专业去。不过，在一年级的時候，费恩曼同宿舍的两名高年级同学正在选修研究生课程“理论物理导论(上)”。有一次，费恩曼看到那两位同学苦苦地讨论物理问题时，插话说：“为什么不试一试用伯努利方程来求解呢？”问题果然得到解决，而这些知识是费恩曼以前自己从百科全书上看到的。类似的情况发生过多，使他树立了信心，最后决定主修物理专业。

第二年，费恩曼除了正式学习刚才讲的那门课外，还选修了高年级和研究生的“电磁学理论”。主讲后一门课程的斯特拉顿(J. A. Stratton)教授很快就发现费恩曼是一名真正出类拔萃的学生。斯特拉顿在课堂上推导公式的过程中，如果出现卡住的情况，他就转向台下，让费恩曼上来帮助解决。而费恩曼就会走向黑板，指出改正什么地方能继续推导下去。费恩曼的方法总是正确的，并且常常是机敏的。

费恩曼在MIT的四年学习期间，在多位名师的指导下，掌握了理论物理的不同方面，特别是他下苦功夫钻研了量子力学。最后，费恩曼在斯莱特(J. C. Slater)教授的指导下，完成了他的毕业论文《分子上的力》，他表现出了概念和计算两方面的突出才能。这一工作发表在美国《物理评论》^[14]上，其中包含了后来得到广泛应用的“赫尔曼-费恩曼定理”这一量子力学公式(称之为定理似乎不妥，最好称为H-F公式)。

毕业之后，费恩曼起初想留在MIT继续深造。可是斯莱特教授坚持让费恩曼到别的学校去读研究生，对他说：“你应该看看世界上其他地方是什么样子的。”于是费恩曼去了普林斯顿大学，准备做著名理论物理学家维格纳(E. P. Wigner, 1902—1995)的研究助理。费恩曼入学后，由于情况发生了变化，并没有师从维格纳教授，而是做了惠勒(J. A. Wheeler, 1911—2008)的助手(图1-6)。惠勒对物理学多方面的兴趣和敢想敢为的大胆风格，对费恩曼以后的研究起了决定性的作用。例如，惠勒向费恩曼讲到，所有物理过程的量子力学描写，都可以看成是由一系列相继的散射过程组成的。这无疑为费恩曼建立量子力学路径积分起到了导引性的作用。在MIT期间，费恩曼致力于电磁学的量子理

论(量子电动力学)的研究,希望消除电磁场理论存在将电子视为点粒子,其自能无限大的困难。费恩曼设想:取消电磁场,恢复电荷之间的超距作用,同时为了反映电磁作用以光速传播的限制,在时间上引入推迟效应。

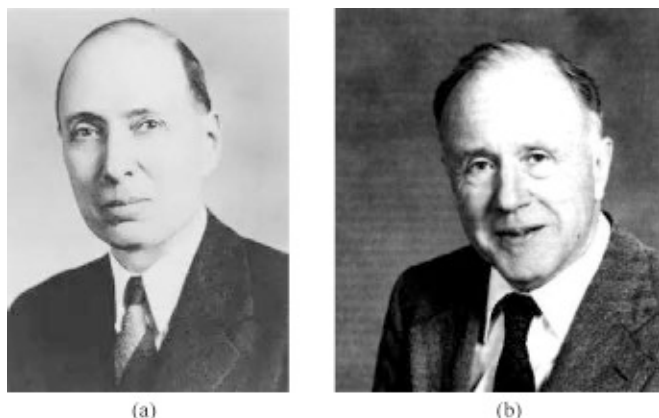


图 1-6 费恩曼的两位老师: 维格纳教授 (a) 和惠勒教授 (b)

费恩曼把他的问题带到普林斯顿,明白了他原来想法的缺点:如果没有场,电子在运动的时候,将不会受到抵抗加速度的额外阻尼力,那么就违反了能量守恒的要求。1941 年春天,费恩曼将这一工作写成题为《辐射的相互作用》的初稿,交给他的导师惠勒。1942 年春天,惠勒重新进行整理和扩充,把修改后的新稿子:《超距作用的经典理论——作为辐射阻尼机制的吸收体反作用》返还给费恩曼。这个工作的主要部分,以两人联名的形式发表在 1945 年的《现代物理评论》上。

费恩曼从这项工作中得到一个重大收获:即使已经确立了的物理学理论,也可以用完全不同的方法,甚至是大家抛弃了的形式来重新表述。以至于他后来说:“一个理论如果可以用愈多不同的形式来表述,那么就说明它愈具有基本的意义。”

经过不同文化的交流和碰撞,费恩曼说:“我从不同的学校学到许多不同的东西,我现在也经常劝我的学生这样做。要了解世界的其他部分是什么样的,多