

这不仅仅是一本书，更是一个崭新的宇宙观



# 时间的形状

## ——相对论史话

The Shape of Time *Legends of Relativity*

汪洁 著

探究人类终极的生存难题，妙解现代物理学最伟大的基础理论

神秘宇宙，是上帝的精密设计，还是随意拨弄？

永恒流淌的时间，是真的摸不着看不见，还是也有形状和色彩？

我们所处的空间，是三维四维还是五维？

我们能不能穿越时空？任意到达未来回到过去？

一本人人都能读懂的相对论，用最轻松幽默的语言讲解深奥的科学道理

# 目 录

## [前言](#)

## [第一章 不得不说的废话](#)

[关于相对论的谣言粉碎机](#)

[你必须了解的四个概念](#)

## [第二章 伽利略和牛顿的世界](#)

[相对性原理](#)

[伽利略变换式](#)

[史上最牛炼金术士牛顿](#)

[牛顿的绝对运动观](#)

[牛顿水桶实验中的绝对时空观](#)

## [第三章 光的速度](#)

[伽利略吹响冲锋号](#)

[光速测量大赛](#)

[惊人的发现](#)

[科学史上最成功的失败](#)

## [第四章 爱因斯坦和狭义相对论](#)

[两朵乌云](#)

[巨星登场](#)

[第一个原理：光速不变](#)

[第二个原理：物理规律不变](#)

[环球快车谋杀案](#)

[环球快车伯尔尼站的监控室](#)

[同时性的相对性](#)

[时间会膨胀](#)

[空间会收缩](#)

[速度合成](#)

[质速神剑](#)

[光速极限](#)

[质能奇迹](#)

[四个疯狂的问题](#)

## [第五章 广义相对论的宇宙](#)

[爱因斯坦的不满](#)

[生死重量](#)

[等效原理](#)

[太空大圆盘](#)

[时空弯曲](#)

[引力的本质](#)

[水星轨道之谜](#)

[星光实验](#)

[没见过这么黑的洞](#)

[从黑洞到虫洞](#)

[压轴大戏](#)

## [第六章 红色革命](#)

## [第七章 时空那点事](#)

[时空中的运动](#)

[四维时空](#)

[时间旅行](#)

[星际旅行](#)

[星际贸易](#)

## [第八章 再谈四维时空](#)

[宇宙的终极图景](#)

[神奇的四维](#)

## [第九章 上帝的判决](#)

[上帝玩不玩骰子？](#)

[美剧《生活大爆炸》](#)

[要命的双缝](#)

[玻尔的上帝](#)

[EPR实验](#)

[宇宙大法官](#)

[上帝的判决](#)

[万物理论](#)

## [第十章 宇宙是一首交响乐](#)

[万物皆空唯有音乐](#)

[击碎原子](#)

[宇宙中的四种“力”](#)

[超弦理论](#)

[伟大的设计](#)

## [后记](#)

# 时间的形状

——相对论史话

The Shape of Time Legends of Relativity

汪洁 著

新星出版社 **NEW STAR PRESS**

图书在版编目 (CIP) 数据

时间的形状：相对论史话 / 汪洁著. —北京：新星出版社，2012.3

ISBN 978-7-5133-0423-8

I. ①时... II. ①汪... III. ①相对论—普及读物 IV. ①0412.1-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第218417号

---

时间的形状——相对论史话

汪 洁 著

策 划：高 磊

责任编辑：汪 欣

责任印制：韦 舰

装帧设计：九 一

插图绘制：吴京平 钱 力 张国华 赵于君

---

出版发行：新星出版社

出版人：谢 刚

社 址：北京市西城区车公庄大街丙3号楼 100044

网 址：[www.newstarpress.com](http://www.newstarpress.com)

电 话：010-88310888

传 真：010-65270449

法律顾问：北京市大成律师事务所

---

读者服务：010-88310800 [service@newstarpress.com](mailto:service@newstarpress.com)

邮购地址：北京市西城区车公庄大街丙3号楼 100044

---

印 刷：三河兴达印务有限公司

开 本：700mm×1000mm 1/16

印 张：17.5

字 数：277千字

版 次：2012年1月第一版 2012年3月第二次印刷

书 号：ISBN 978-7-5133-0423-8

定 价：29.80元

---

版权专用，侵权必究；如有质量问题，请与出版社联系更换。

# 前言

我可以保证，这是一本很有趣的书。这本书完全不同于传统意义上的科学知识普及类图书，这本书更像是一本可以用来当做茶余饭后休闲翻阅的书，就像阅读一本有意思的小说。在这本书里面，你会看到很多极富想象力的小故事：牛顿带着Tom & Jerry来到一个大水桶里面观看神奇的水面凹陷；爱因斯坦化身大警长先是调查了一起环球快车谋杀案，然后又要奔赴云霄电梯处理可怕的超级炸弹，最后又在太空中建造了一个超级大圆盘以展示他那神奇的时空观。虽然这一切看上去都不像是正儿八经的科学知识，但我可以很负责任地告诉你，这些故事里蕴藏着我们这个世界中你所不知道的惊人秘密，都是些很靠谱的科学真相。很多科学真相用“不可思议”来形容是一点都不过分的，你平常之所以感受不到物理学的神奇，那是因为没有告诉你普通物理现象背后隐藏的秘密。现在的高中生都会在实验室里面做一个观察光的双缝干涉图像的实验，这是一个普通得不能再普通的高中光学实验，可是却从来没有人告诉我们这个实验背后隐藏着的惊天大秘密，这个秘密足以撼动以爱因斯坦为代表的一代科学家们苦苦建立起来的物理学信仰。一个简单的光学实验，如果你了解了它藏在最深处的本质，你会惊讶地发现，这个世界不再是我们头脑中原来的那个世界了，我们脑袋中很多朴素的哲学观念，例如物质决定意识，原因决定结果等等都将受到空前强烈的冲击。而且，我确实是在讲科学，不是在讲神学或者宣扬神秘主义。

我们这本书基本上可以分为上下两部分，上部和大家一起回顾物理学走过的300多年坎坷历史，这段历史中的悬念，其精彩程度不亚于任何一段战争史，因为物理学的发展本身就是一部精彩的好莱坞悬疑大片。在伽利略、牛顿等巨星纷纷谢幕之后，我们的超级巨星爱因斯坦闪亮登场，而他成为我们的主角的时候不过26岁，他就像是一个横空出世的大侠，无门无派，但是一出手就让天下震惊，他的绝招就是“相对论”，这是我们这本书上部的主题。中间的第六章是跨越半个多世纪的厚重和真实的历史故事，这个故事尘封已久，现在的很多年轻人甚至都不敢想象这就是发生在离我们生活的时代如此之近的故事，但我想告诉大家，真相往往比小说更惊人。最后四章是本书的下部，我可以非常自信地告诉大家，下部比上部更精彩，结构更宏大，故事更神奇，真相更惊人。在下部中，我将为你细致地剖析时空的真相，带你领略神奇的四维时空奇景。我们先一起去了解整个宇宙的终极图景，然后再回到原子的深处见识一下不可思议的微观世界，最后看一看当下物理学的最新进展——万物理论。你只要随便记住其中的一两段，就能让你在平时和朋友们的吃饭聊天中大放异彩，只是要当心别聊得兴起忘了吃菜，不要发生总是发生在笔者身上的悲剧：话讲完了，菜也被别人吃光了。

看完这本书，你对这个世界的看法一定会大大改观。潮起潮落，斗转星移，这些平常司空见惯的大自然现象会突然在你眼里产生完全不一样的意义。当你晚上抬头仰望星空，看着夜空中的皓月星辰，宇宙在你眼里将会换成另一番景象，过去的宇宙一去不复返了，一个崭新的宇宙观将在你的头脑中建立起来。

自小到大，你可能一直会有这样的疑问：

时间到底是什么东西？

我们能跨越未来吗？

我们能回到过去吗？

光到底是什么东西？

宇宙到底长什么样？有大小吗？有生死吗？

我们能像星际迷航一样穿梭在银河系吗？

这个世界的物质到底是由什么构成的？

物质可以无限分割吗？

.....

这些令人不可思议的问题，科学家到底是如何找到答案的？

看完这本书，你将不再对以上这些问题感到疑惑，不但不会疑惑，你还可以很自信地给你的亲朋好友解答他们心中同样的疑惑。

所有这一切，都要从爱因斯坦提出的相对论开始讲起，这的确是一个伟大的理论，这是上个世纪人类对这个宇宙秘密最深刻的一次发现，这个理论可以解答你心中无数的疑惑。你可能还是感到茫然地在我看着我：“我听说过相对论，可是它跟我们的日常生活有关系吗？”

当然是有关系的，比如，GPS导航系统现在已经是一个满大街都可以看到的常用小电器了，我估计很多读者都有一个车载的，或者手机里面就有一个。我告诉你，如果没有相对论，那么这玩意儿可就会出大问题。因为根据相对论，卫星上面的时钟会比地面上的时钟走得快，每天大约快38微秒（0.000038秒），这个时钟的快慢并不是因为计时器精度不够造成的，而是因为时间本身真的变慢了。你设想一下，如果人类没有掌握相对论的知识，那么就不会知道发射到天上的卫星哪怕用再精确的计时工具计时，也不可能消除这个误差。你千万不要小看这似乎微不足道的38微秒，如果不校正的话，那么GPS导航系统每天积累的

误差将超过10公里（当然这个误差是垂直方向上的，不是水平方向上的），如果美军用这个来导航导弹的话，那麻烦可就大了。因此在GPS卫星发射前，要先把其时钟的走动频率调慢100亿分之4.465，把10.23兆赫调为10.22999999543兆赫，这些数字全靠有了相对论才能那么精确地计算出来。

“神奇！”你大概会惊呼一声，“相对论原来就是这个啊。”哦不，这并不代表相对论，卫星上的时间变快只不过是相对论无数推论中的一个，我们通过相对论可以精确地计算出卫星上的时钟和地面上的时钟的误差到底是多少。相对论还有很多很多的推论，小到推测水星的运行轨道、在发生日全食时星星的位置，大到可以推演太阳的过去与未来，甚至宇宙的过去与未来。“神奇！”你再次惊呼一声，“不过你越说越玄乎了，我还是有点不信，你先别说得那么远，你前面说啥来着？时间本身变慢了？这个太让我难以理解了。在我眼里时间本身是均匀流逝的，我们感受的所谓快慢无非是我们自己的感觉在变化，即便是你的表和我的表走时不准那也不是时间本身不准，而是我们的手表精度不够造成的。中午12点整开饭对任何人来说都是12点整开饭，这是一个客观事实摆在那里，不会因为我用的是一块真的劳力士还是一块山寨劳力士而改变。”坦诚地说，我非常理解你的这种想法，并且，我还要恭喜你，你的这个思想和伟大的牛顿是一模一样的。但非常遗憾，这个想法错了，真的错了。

相对论是研究时间、空间、运动这三者关系的理论体系的总称，它是这100多年来人类最伟大的两个理论之一（还有一个是量子理论，那又将是一个长长的激动人心的故事，推荐阅读《上帝掷骰子吗？量子物理史话》，作者曹天元），诺贝尔物理学奖是不足以评价相对论的伟大的。如果上帝真的存在的话，上帝过去总是说：“人类一思考，上帝就发笑。”人类有了相对论之后，上帝改口了：“人类一思考，上帝就发慌。”

我们对相对论的误解实在是太多了。大多数人都觉得相对论很神秘、很深奥，是大科学家才能理解的东西。这种误解来源于一个广为流传的关于相对论有多难懂的故事，说的是一个记者问天文学家爱丁顿：“听说全世界总共只有三个人能懂爱因斯坦的相对论，您是其中之一，是不是这样？”爱丁顿一时沉默了，正当记者以为爱丁顿要反驳的时候，没想到爱丁顿说：“我正在想另外两个人是谁。”我估计当时这个记者就震惊了。不管这个故事是真是假，总之给我们的一个印象就是相对论很难懂。但是大家千万不要忘了，这个故事发生在100多年前的1906年，那时候相对论刚刚被爱因斯坦用严谨的数学语言描述出来，对那个时代的人来说确实是很难理解的。不要说相对论了，你想象一下如果你回到乾隆年间，对大知识分子纪晓岚说随便找一个三角形的东西，把三只角割下来拼在一起，不多不少，总是恰好能拼出直直的一条边。



（图0-1：把三角形的石桌的三个角割下来拼在一起，必定可以得到一条直边

铁齿铜牙的纪晓岚一开始肯定不相信，真的去找了一些三角形的物件来，一验证，发现完全正确，即便是我们的大知识分子，纪晓岚也会表示这个现象很神奇。但要是现代，随便找一个初中生就能给你证明三角形的内角和是180度，他会告诉你这是一个很简单的几何常识。

同样，相对论的一些基本原理和概念对我们现代人来说，也一点都不高深，不神秘，很好懂，关键在于你是不是愿意听我娓娓道来。

在正式开始我的叙述之前，我很想把我刚刚在网上看到的冷笑话讲给大家听，当然，你也可以直接跳过这部分从第一章开始看起，这并不会影响你对本书的理解。

搜狐新闻报道：

※今年60岁的黄其德是宁乡县金洲乡箭楼村一名地道的农民。这位只有高中学历的农民，在对爱因斯坦的相对论进行了20多年的独立研究后，对这一著名理论产生了质疑和挑战，并做出了近30万字的论述，引起了有关专家学者的关注。

※天津农民称其证明相对论有错：“我已经证明出，从牛顿第一，二，三定律到爱因斯坦的相对论都有错！”说这些话时，“草根科学家”闫赤元眼神中闪烁着的一种光芒，让那张饱经沧桑的面孔顿时有了生气。

以上只是网上能搜到的众多反相对论的“民科”案例中的两例，如果你觉得这一点都不冷，OK，给你看几段真正冷的：

※“世界文明的异化和倒退，人类社会伦理的堕落，虽然不能说完全是相对论的责任，但相对论也是最重要的原因之一。”在研讨会上表达对爱因斯坦相对论学说的深恶痛绝时，60岁的农民黄其德表情严肃，一字一顿。

※黄伯伯在《爱因斯坦相对论在科学和哲学上对人类思维的扭曲》一文中写道：“这是个人对相对论全部研究中最沉重的话题，然而必须如实说出来，才能惊醒地球人类。百年来，不单是爱因斯坦的相对论而是他的任何言论都被崇奉为人类心目中的神旨；尤其是许多上层知识分子，完全丧失最起码的独立思考与判断能力。在权威效应的魔障下，一切服从一人的任何臆想和武断。这是发生在地球人类历史上的极端反常的非理性狂潮。”“我做过粗略的调查：理科大学生知道相对论的，100个人中不到一个，约占0.3%；而认定相对论无比深邃高明的却占99.5%；

理科大学教授中知道相对论的不到2%，也几乎都认可崇奉相对论；社会上一般知识分子中知道相对论的约占百万分之一，几乎无不崇奉相对论！这个数据说明了什么？首先说明地球人类崇奉相对论是由虚荣心支配着的极端盲目的权威效应。”

※黄伯伯写道：“我保证，只要有高中学历，都可以大致听懂我的论文，并取得评论相对论的有把握的发言权。认识到爱因斯坦相对论是一个伪科学大骗局。”

我有一个直觉，各位看到上面那段黄伯伯的掷地有声的“保证”之后，立马激发了极大的一睹奇文的冲动，这种冲动绝对大过继续阅读我下面的正文的欲望。我表示压力很大，因此，在这里我先不给出黄伯伯奇文的链接地址，我会在本书的最后再给出，希望那个时候你再欣赏黄伯伯的奇文的时候能够产生与我一样的感觉——“当时我就笑喷了！”（你如果此时已经打开电脑开始搜索奇文了，我也拿你没办法，但还是最后拦你一下，看完此书再欣赏黄伯伯奇文，你一定会笑喷！）

前言结束之前，让我借黄伯伯的文风写下：

我保证，只要有高中学历，都可以完全看懂本书，并能充分欣赏黄伯伯奇文。认识到爱因斯坦的相对论足以让上帝对渺小的人类产生敬畏；作为人类的一分子，我以此感到深深的自豪！



# 第一章 不得不说的废话

本章之所以叫做不得不说的废话，那就是因为这章的内容跟相对论本身并不直接相关，如果你完全跳过不看，直接从第二章开始看起，也不会觉得有任何缺失的地方，但我又不得不写。本章的内容对于你理解相对论会有莫大的帮助，看似有点扯远的内容恰恰是教会我们如何用一种正确的思维去阅读，甚至去“挑刺”。

## 关于相对论的谣言粉碎机

一、某些伪哲学家最喜欢说的一句话就是：“伟大的爱因斯坦发现了这个世界的奥秘：‘世间万物都是相对的，没有什么是绝对的。’”

胡说八道！尤其是每当我跟某些人说“这是不会变的”的时候，对方告诉我爱因斯坦的相对论禁止这种想法。我就忍不住大喊一声：“胡说八道，谁告诉你爱因斯坦说过这句话，别给爱因斯坦脸上抹黑！”事实上，爱因斯坦在晚年一直很不喜欢别人把他的理论叫做“相对论”，他自己觉得他的这个理论应该叫做“不变论”，因为他的理论中最重要的部分是那些数学方程式中的不变量。爱因斯坦深以为自豪的是他发现了宇宙中一些永恒不变的常量，更何况整个相对论都是从“在真空中光的传播速度恒定不变”这一实验基础上发展而来的。如果当年相对论真的如爱因斯坦所希望的那样叫做“不变论”，我很想知道伪哲学家们是否又要说：“伟大的爱因斯坦发现了这个世界的奥秘：不管世界怎么变化，永恒的永远就是永恒的。”

二、有很多人认为相对论是用来造原子弹的理论，爱因斯坦正是现在人类面临的核危机的罪魁祸首。日本大地震导致的福岛核电站的泄漏又一次带来了许多这样的谣言，例如“要不是爱因斯坦，要不是相对论，何至于此”。

我只能表示无语。事实是关于原子弹，爱因斯坦唯一做过的一件事情是在一封由西拉德起草写给美国总统罗斯福的信上签了字，这封信主要讲的是希特勒有可能正在研制一种威力巨大的“新型炸弹”，如果研制出来，很有可能改变二战的进程，美国也应该组织力量进行研制，以阻止可怕的灾难性后果。而相对论只不过是对于这种新型炸弹为什么会有如此巨大的威力的一种理论解释，即便没有相对论，这种炸弹也一样能造出来，只不过人类不知道为什么其威力如此巨大而已。这就好比放了一个屁，把自己臭死了，大家都百思不得其解这个屁为什么会这么臭，直到有一天化学家和生物学家通过研究发现了臭屁的原理，但是没有理论仍然不能阻止我放出臭死自己的这个屁。正如有着“活着的爱因斯坦”之称的霍金指出的那样：把原子弹归咎于爱因斯坦的相对论，就如同把飞机失事的责任归咎于牛顿的万有引力定律一样（参见霍金《果壳中的宇宙》）。

## 你必须了解的四个概念

波普尔的证伪说——科学与伪科学的量尺。

波普尔是一个著名的科学哲学家，他阐明了一个被现在科学界广为接受的道理：所有的物理规律（或者说科学定律）都是永远无法被“证实”的，通俗来讲就是科学规律永远不可能用摆事实讲道理的方法来给你证明，尤其是证明给那些伪哲学家们。乍一听这个说法，似乎很难理解，其实很好理解。比如说我现在发现了一个科学规律：天下乌鸦一般黑。那我怎么证明这个规律呢？我只能到全世界去抓乌鸦的样本，每抓到一只都发现是黑的，然后我就跟你说：“你看，我从全世界抓了那么多的乌鸦，无一不是黑的，这下你总该相信我关于天下乌鸦一般黑的理论了吧？”你说：“不，你还没有把地球上的所有乌鸦都抓来给我看，你怎么就知道没有一只白色的乌鸦呢？就算你把地球上所有的乌鸦都抓来了，你怎么能知道宋朝的乌鸦也都是黑的呢？你又怎么能知道以后会不会生出白色的乌鸦呢？总之你跟我说什么都不能让我相信天下乌鸦一般黑这个理论。”波普尔说得没错，确实我无法证明这个规律是正确的，但是我可以大胆地做出一种预言，哪一天你跟我说你又在非洲的某个丛林里面抓到了一只乌鸦，不用去看，我就敢说那只乌鸦是黑的。你每抓到一只黑色的乌鸦，我只能说给“天下乌鸦一般黑”这个理论增加了一分可信度，而一旦有一天我们发现了一只白色的乌鸦，这个理论就不攻自破了。而科学理论之所以能称之为科学，首先它要能做出一些预言，而这些预言恰恰是要能够被“证伪”的，也就是说这个科学理论做出的预言是有可能被实验所推翻的。只有满足了“预言”和“证伪”这两个条件，我们才能冠以科学之名。反过来说，如果你提出的一个理论并且做出的预言是永远不可能被实验推翻的，那么这个就可以称之为伪科学了。比如说，你给出了一个理论：有一种屁放出来是香的。于是我们把全天下的人放的屁都收集过来闻一下，发现都是臭的，但是这也

没法推翻你的理论，因为我们并不能证明唐朝的人放的屁也都是臭的。另外，你的这个伟大理论却不能做出一个准确的预言：在何年何月何地何人会放出一个香屁来。因此，当一个理论只能“证实”而不能“证伪”时，我们暂不能承认它是科学的，只能当做一种“见解”来对待。波普尔认为所有的物理规律都能只能算作一种“假说”，它们可以做出大量的预测，指导我们的发明创造，但总有一天会因为找到一个不符合理论的反例来要求我们修正理论，但在没有找到反例之前，我们仍然认为该理论是正确的、科学的，相对论也不例外。

### 奥卡姆剃刀原理——科学需要什么样的假设。

大概是800多年前吧，英格兰有一个叫奥卡姆的地方，那个地方出了一个叫威廉（这在英国是一个超级大众化的名字，就跟一个中国人叫王刚一样）的哲学家，他说了一句话一直影响着科学界直到今天，甚至开始辐射到管理学界、经济学界等，这句话的原文是“Entities should not be multiplied unnecessarily”，译成中文意思是“如无必要，勿增实体”。这就是奥卡姆剃刀原理。为啥不叫威廉原理呢？你想啊，如果中国有一个住在桃花岛的王刚讲了一个流传后世的著名道理，如果叫“王刚原理”那多煞风景，这王刚也忒大众化了，这种原理听上去就没什么吸引力，但如果叫“桃花岛原理”，给人的感觉就完全不一样了，而且从此桃花岛也就出名了，还可以大力开发旅游资源。不过你看不出奥卡姆剃刀原理有啥深奥的内涵对吧？是的，要是不解释，我也跟你们一样糊涂。但是一经解释，就发现不简单了，那是大大的有道理。

奥卡姆剃刀原理首先说的是这样一个道理，如果你发现了一个很奇怪的现象，要对它进行解释而不得不做很多各种各样的假设，可能不同的解释需要不同的假设，但是记住，根据奥卡姆剃刀原理，那个需要假设最少的解释往往是最接近真相的解释。童话《皇帝的新衣》大家都应该耳熟能详吧？看到皇帝在大街上光着屁股走路这个奇怪的现象时，总理大臣和邻居家流着鼻涕的小毛都各自有一番解释。先看总理大臣的解释：一、假设皇帝身上穿着一件世界上最华美的衣服。二、假设只有聪明人才能看见。三、假设我是蠢人。所以我看到的是光着屁股的皇帝。小毛的解释：一、假设皇帝根本没有穿衣服。所以我看到的是光着腚的皇帝。根据奥卡姆剃刀原理，小毛的解释最有可能接近真相！因为他的假设最少。奥卡姆剃刀原理还说明了另外一个道理：如果有某个条件是不能被我们感知和检测到的，那么和没有这个条件根本就是等价的。比如说，天上发生闪电的时候，李大师告诉我们，这是我发功召唤来的一条天龙正在吐火，但是这条天龙你们凡是永远不可能看见的，也永远别想用任何科学手段检测到，只有我能看见。根据奥卡姆剃刀原理，李大师的说法和没有这条龙的存在是等价的。换句话说，我们应当把所有一切不能被我们所感知和检测的条件都毫不留情地像剃刀刮肉一样从我们的理论中刮去，毫不犹豫。奥卡姆剃刀原理从提出到现在已经过去了800多年了，这个原理是人类智慧的精华，也是帮助我们看清这个纷繁迷乱世界的“第三只眼”。我们将会在本书中看到爱因斯坦如何利用奥卡姆剃刀原理灵光闪动，他就像说破皇帝根本没有穿衣服的那个小孩（那一年他26岁，在物理界确实可以算是小孩），一语点醒整个物理界对于光速的普遍看法。如果用我的话说，奥卡姆剃刀原理说的就是——“上帝喜欢简单”。

### 思维实验——在大脑中运行的实验。

说到实验，你首先想到的是什么？是跟我一样永远不能忘记第一次看到老师用火柴点燃倒扣在塑料杯下面的氢气时，发出的那一声巨大的爆炸声和自己的惊呼声？还是想起传说中的伽利略在比萨斜塔上面扔下一大一小两只铁球（当然，这只是个传说而已），用它们的同时落地来推翻亚里士多德的论断“重的物体比轻的物体下落得更快”？你的脑海中一定翻腾起无数你曾经看到过或者亲自做过的实验。但是你有没有想过，有一种实验叫做“思维实验”，而正是这种思维实验极大地推动了科学的发展。我知道你心里已经开始犯嘀咕了，这就给你举例证明。关于思维实验的科学史上最著名的例子就是伽利略做的实验，用来推翻亚里士多德重物下落得更快的论断。

（以下对话纯属虚构。）

伽利略说：“亲爱的亚里士多德先生，您不是说重的东西比轻的东西下落得更快吗？那么如果我们把一个铁块和一个木块用绳子拴在一起，从高处扔下来会发生什么？按照您的说法，较轻的木块下落得慢，因此他会拖累铁块的下落，所以他们会比单扔一个铁块下落得慢一点，是不是这样？”

亚里士多德说：“没错，逻辑正确。”

伽利略说：“但是，铁块和木块拴在一起以后，总重量却要比一个铁块更加重了啊，那么岂不是他们又应该比单个铁块下落得更快？”

亚里士多德说：“呃……”

伽利略说：“这个实验我们不用实际做一下了吧，单单就在我们脑子里面做一下就可以发现您的理论是自相矛盾的。”

亚里士多德说：“你让我想想，你让我想想……”

上面就是一个思维实验的生动例子，在头脑中运行的实验有时候往往比真正的实验更具有说服力。爱因斯坦就是一个思维实验的大师，相对论的诞生和思维实验密不可分，甚至可以说没有爱因斯坦在大脑中运行的那些实验，相对论就不可能诞生。在本书中，我将带你一起领略很多奇思妙想的思维实验，感受头脑风暴所带来的快乐。

佯谬——乍一看肯定是不对的，但没想到确是真的。

在物理学里面，经常会遇到一些很有趣的事情，这些事情总是一开始让你觉得是不可能发生的，但恰恰最后又被实验证明是千真万确的。像这样的事情，中文里面有一个词就叫做“佯谬”。佯，就佯装伪装的意思；谬，就是谬误错误的意思；佯谬就是佯装是错误的，其实是正确的。在我们这本书中，会出现很多有趣的佯谬。我们先举一个统计学中著名的佯谬的例子给大家看（本例子来源于果壳网）：

我高考终于考完了，考得相当不错呢，终于到了填写志愿的时候，东方大学（简称东大）和神州大学（简称神大）都是我向往的学校，录取分数都差不多，到底第一志愿要填报哪所大学呢？想来想去，为了终生大事我决定报考女生更多的大学，于是我开始在网上搜索两个大学的数据进行研究。“物理系，东大男女比例（就是男生数量比上女生数量）大于神大（东大是5：1，神大是2：1，两所学校物理系都是男生多）；外语系，东大男女比例又是大于神大（东大是0.5：1，神大是0.2：1，两所学校外语系都是女生多，但东大的男女比例更大一点）……哇，怎么所有专业东大的男女比例都高于神大啊？那还犹豫什么呢，我肯定报神大了！”两个月后我顺利地进入了神州大学，正当我得意于我的选择的时候，我悲剧地看到了一份资料，上面写得清清楚楚：东大的整体男女比例小于神大。我靠，什么？！有没有搞错？怎么可能东大的所有专业男女比例都高于神大，但是整体男女比例却低于神大了呢？！不带这样玩我的！！肯定是哪里算错了吧？于是我拿出计算器狂敲，却发现网上的数据没错，我也没有算错数据，结果却是千真万确的。这种情况真的可能发生吗？是的，这就是著名的统计学上的“辛普森佯谬”，看起来不可能的事情真的发生了。

你可能还是不相信，那么我们来编造两份数据，你自己可以亲自动手演算一下：

物理系数据：

	男生人数	女生人数	男女比例
东方大学	35	7	5：1（大）
神州大学	100	50	2：1

外语系数据：

	男生人数	女生人数	男女比例
东方大学	50	100	0.5：1（大）
神州大学	10	50	0.2：1

学校整体数据（两个专业之和）：

	男生人数	女生人数	男女比例
东方大学	85	107	0.8：1（小）
神州大学	110	100	1.1：1

所以说，这个世界的奇妙往往远大于你的想象，还有无数更加不可思议的佯谬在前面等着我们。在本书中你会看到发生在一对双胞胎兄弟身上的佯谬推动了爱因斯坦的深度思考，让相对论发生了质的飞跃。

## 第二章 伽利略和牛顿的世界

### 相对性原理

我们的故事要从400多年前开始讲起（你可能在嘀咕：有没有搞错，相对论不是100年前的爱因斯坦发明的吗，怎么一下子就要多倒回去300年？知足吧，我已经比谢耳朵好多了，他总是从古希腊开始说起），是的，为了让你能充分领略人类在通往相对论这条道路上所经历过的蜿蜒曲折、峰回路转，我们必须回到这条路的起点。

现在请跟我一起回到16世纪末的意大利比萨，此时正值文艺复兴的后期，国富民强，文学、艺术、科学的春风从意大利席卷整个欧洲，空气中弥漫着新世纪即将到来的新鲜气息（中国此时正值明朝万历年间）。在比萨大学的一间大教室里，宫廷数学家奥斯提里欧·利奇（Ostilio Ricci, 1540-1603）正在讲台上开讲座，讲台下面坐得满满当当。利奇是闻名全国的著名数学家，一向只在皇宫中为侍童们讲课，他要来比萨大学的消息在几个月前就已经传遍了整所学校。医学系的一个叫伽利略·伽利雷的学生起了个大早，终于抢到了最前排的好座位。

利奇开始讲解数学的新进展——代数学，并且用简洁流畅的手法向大家展示了什么是一元二次方程，并且给出了 $aX^2+bX+c=Y$ 的通用解法的证明，进而开始讲解因式分解的概念以及现场演算了 $(a+b)^n$ 分解的过程。

利奇熟练的演算和生动的讲解博得了阵阵掌声，他注意到坐在第一排的一个年轻学生自始至终都在聚精会神地听讲，脸上不时闪过兴奋和满足的表情，利奇一下子对这个学生产生了好感，讲课的间隙利奇问道：“同学，你叫什么名字？”

“伽利略。”伽利略回答道。

利奇问：“哪个专业的？”

伽利略说：“我是医学系的。”

利奇说：“啊！真是了不起，学医学的也能对数学如此感兴趣，你一定会成为一名伟大的医生！”

伽利略的脸一下就红了，说：“其实，先生，我不喜欢医学，我更喜欢数学和物理。但是我的父亲希望我能成为一名医生，我为此感到十分的苦恼。”

利奇说：“别泄气，年轻人。你可以自学，大学很短暂而生活很长，追随自己的兴趣，你一定能成功的。不管什么时候，你都可以来找我，我愿意成为你的良师益友。”

伽利略受到了极大的鼓舞，从此更是疯狂地喜欢上了数学和物理，并且经常向利奇请教问题。

我们应该感谢利奇对伽利略的鼓励，虽然使世上少了一名不错的医生，但是却催生了一位伟大的物理学家、天文学家和哲学家。

伽利略在力学和物体运动规律方面的贡献是无与伦比的，是他打下了牛顿经典力学的基桩，而牛顿在这片基桩之上盖起了足以让后人仰视的经典力学大厦。

伽利略第一项最广为人知的成就是提出了自由落体定律，这个定律说的是如果不考虑空气阻力的话，那么任何物体的下落速度都是一样的，且都是呈一个固定的加速度（这个加速度上过中学的人都知道，就是 $g \approx 9.8 \text{米/秒}^2$ ）。

伽利略把类似自由落体定律这样的现象和规律统称为“力学规律”。

我们再来看一个伽利略发现的著名的“惯性定律”，其实这就是牛顿第一运动定律（当然，伽利略没有像牛顿那样精确地表述出来，因此这一定律的正式发现权仍然归于牛顿）。伽利略发现这个定律，也是从一个思维实验开始的，这个思维实验具备非凡的智慧。伽利略设想把一个小球放到一个U型管的一端，松手让小球自由滑落，那么这根U型管表面越光滑小球在另一头就能上升得越高，伽利略假想如果能发明一种完全没有阻力的材料，则小球应该能恰好在另一头到达跟起点同样的高度。这个现象就好像在一根绳子上挂一个小球做一个钟摆，如果完全没有空气阻力的话，小球从一头摆到另一头的高度应该是完全相同的。

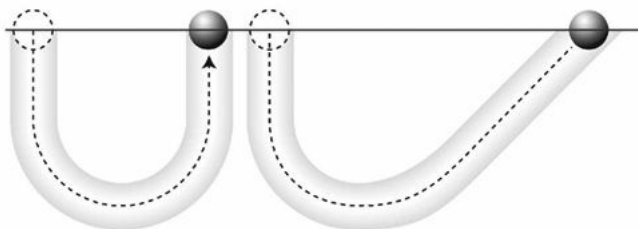


图2-1：小球从U型管一头落下应当滚到相同高度，钟摆每次都应当摆到相同高度

伽利略的这个思维实验没有停，他继续往下想：好，现在假设找到了一种完美的材料，那么我把U型管的另一端拉平，则小球从起点滑落后，为了能在终点达到和起点同样的高度，它只能不停地，永远地滚下去，不可能停下来。

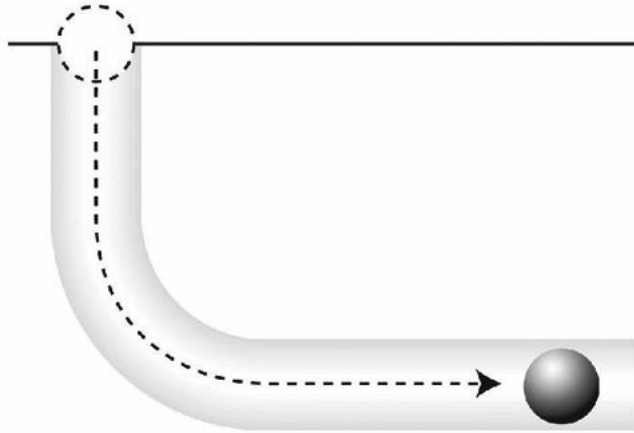


图2-2：如果U型管的另一端是平的，小球就永远不会停下来

从这个思维实验中，伽利略得出他关于运动的又一个力学定律，那就是在一个完美光滑的表面运动的物体，会有一种保持这个运动的“惯性”，除非有外力阻止这个惯性，伽利略称之为“惯性定律”。

自由落体定律和惯性定律我相信对于各位读者来说都是再熟悉不过的物理常识了，但是在400多年前能有这样的认识那可是大大的了不起，你或许想我要是能回到过去就好了，轻易就可以成为一名伟大的物理学家，这好像也不难想到嘛（本书的后面还真要讲讲时间旅行方面的内容呢）。讲到这里，我就要抛出本章的重点了，那就是伽利略相对性原理。因为你通过上面的阅读已经知道了什么是力学规律，有了这个基础，我们就可以继续往下了。

伽利略相对性原理：在任何惯性系中，力学规律保持不变。

“得，我好不容易理解了什么是力学规律，你又马上冒出个‘惯性系’这个专业术语，你丫就是喜欢得瑟，能不能别卖关子，说点人话好吗？”边上一位同学看我打下上面的字后，忍不住就开始鄙视我。

莫急，我这就开始解释“惯性系”是什么意思。

为此，我们来假想一个伽利略和你之间的穿越时空的对话。

伽利略：“我想问你一个问题，怎么区分静止和运动？”

你：“这也叫问题？我开着法拉利溜烟儿地从你身边开过，我就是在运动，难道这有什么不对？”

伽利略：“对不起，请问法拉利是谁？”

你：“哈，不好意思，忘记你是古人了，那我就不说法拉利了，我们说火车吧。”

伽利略：“火车？”

你崩溃状：“你那个时代连火车也木有！！伤不起啊！想想也是，蒸汽机还没发明，瓦特都没出生，好吧，那我们说船总可以了吧，船你总知道吧？”

伽利略：“船，当然知道，你的意思是说如果你在开动的船上，我在岸上，那么我就是静止的，你就是运动的对吗？”

你：“哈哈，我可不会上你的当，好歹我也学过几年物理，我知道你要说的是啥，我替你说了吧。说到运动，必须要有一个参照物，如果你为参照物，那么你是静止的，我就是运动的。如果反过来以我为参照物，你就是运动的。对不对？你还真以为我是文盲啊，伽利略先生。”

伽利略：“未来人果然牛啊。那好吧，我们继续，现在假设你在一个没有窗户的船舱里面，完全看不到外面的情况，你有没有办法知道船是相对于我运动的还是静止的？”

你想了想：“你这个问题也难不倒我，如果船不是以匀速直线运动在开动的的话，我很容易知道船是不是在开。如果船是加速的，我会感到有一股无形的力在把我向后推，如果船是减速的，我就会不由自主地往前踉跄。我天天坐地铁，对这种感觉太熟悉了。呃，你就不用问什么是地铁了，跟你解释不清，反正以此我就可以判断船是在加速还是在减速了。我说得没错吧？伽利略先生。”

伽利略：“完全正确。那如果船的加速度很小，你又是固定在座位上的，很难察觉到微小的推背感的时候，你该用什么办法来判断呢？”

你：“这个……让我想一下。有了，这也不难，我只要做一点力学实验就可以了，比如我用绳子挂一个小球，看这个小球是不是完全垂直的；或者，我把一个小球放在一张平稳的桌子上，我看小球会不会自动滚起来。通过很多的力学实验我都可以发现船的运动状态。”

伽利略：“回答得完全正确，确实不能小瞧你。这也就是说，如果船做的不是匀速直线运动的话，在船上的力学实验的结果会被改变，换句话说，力学规律会被改变。比如惯性定律、自由落体定律（自由落体的方向和加速度都有可能改变）等等。但是，如果现在假设船是在做着完美的匀速直线运动的话，你还能通过力学实验来知道船是否在运动吗？”

你：“那显然就不可能了，如果船舱里面没有窗户的话，我就根本不可能判断出我是静止的还是运动的，不论我做什么样的力学实验，我都无法知道。”

伽利略：“是的，也就是说，在匀速直线运动状态下面，所有的力学规律和你在静止的状态时都是完全一模一样的。况且，你也知道，没有什么所谓真正的静止，我们地球也是运动的，在地球上的每一个人哪怕站着不动，也在随着地球一起运动，运动不运动的关键在于怎么选取参照物。”

你：“我感觉，被你这么一说，静止和匀速直线运动这两个词好像失去了准确的意义，我根本无法定义自己到底是静止的还是在做着匀速直线运动，静止和运动永远都是相对的。”

伽利略：“你越来越接近真理了，没错，用我的话来说，静止和匀速直线运动这两个词的物理意义是相同的，或者说都是不精确的，我用了一个新的词来统一他们所描述的状态，这个词就是‘惯性系’。比如你站在岸上和你在一艘匀速直线运动的船舱里面做实验，在我眼里，你都是在一个惯性系里面做力学实验。我的相对性原理说的就是：在任何惯性系中，力学规律保持不变。”

你：“哦，原来来说去就是这个啊，嗯，不难理解，我完全同意。”

伽利略的相对性原理对于我们现代人来说，是相当好理解的，但是请大家千万记住这个原理。在后面我们还会提到这个原理，它跟相对论的诞生可是有着莫大的关系，但是你千万别把伽利略的相对性原理当做是相对论了。

## 伽利略变换式

伽利略在提出了相对性原理之后，觉得用一句话来表述这个原理还是显得不够简洁、不够酷。伽利略想，好歹我也是个数学家，我怎么着也应该用数学的语言来描述我发现的这条伟大的原理吧。于是没过多久，伽利略就提出了几个数学公式，用来描述相对性原理。后人把这几条数学公式就叫做伽利略变换式。在我们现代人眼里看来，这个变换式其实是相当简单的，只需要用到一点点小学数学知识即可，现在我要给大家出一道小学数学的应用题（别怕别怕，我知道你已经N年没有解过数学题了，但我保证这道数学题能勾起你很多美好的童年回忆）：

小明和小红一起来到公交车站，两人见面以后互相对了手表确定了时间，小红要坐的车先来，小红登上公交车开动的时候刚好是7点整，公交车以10米/秒的速度开走了。问：1分钟以后小红距离小明多远？小红和小红的手表分别是几点？

麻烦你别跳过上段，稍稍有点儿耐心，看一下我们的问题。可能你脑袋里面一大堆问号，怀疑是不是我又在出脑筋急转弯的题了。小明和小红的手表走时完全准吗？公交车走的是直线吗？小明在一分钟内确实没动吗？你这个距离是按照公交车头还是车尾算？小明是一直站着的吗？真的没趴下来？

我理解你这种心情，社会上混久了，总觉得简单的背后藏着什么陷阱。我现在很诚恳地告诉你，确实没有任何陷阱，忽略你的那些疑惑，这就是一道小学数学应用题。下面是解法：

1. 一分钟等于60秒。小红距离小明的距离 $S=vt=10\times 60=600$ （米）。
2. 小明和小红的手表都是7点01分。

上小学的时候，为了解这道题，老师一般喜欢给我们画一幅下面这样的图来解释这道题目：

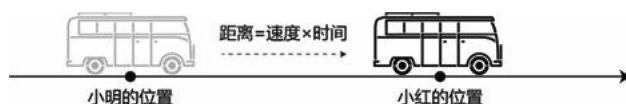


图2-3：这道数学题图示

看到这幅图，有没有勾起点童年的记忆。好了，从这道题目出发，我们继续往下深入一步，我把这道小学数学题改写为一道初中数学题，如下：

小明和小红各自代表一个坐标系的坐标原点，且初始位置相同，有一只大懒猫在小明的坐标系中的坐标 $x$ 处睡大觉，此时小红以速度 $V$ 沿着 $X$ 轴方向做匀速直线运动， $t$ 时间以后，设大懒猫在小红的坐标系中的坐标为 $x'$ （注意这个是 $x$ 一撇），求 $x'$ 和 $x$ 之间的关系式以及小明的时间 $t$ 和小红的时间 $t'$ 之间的关系式。

我知道你对上面的题干看了不止一遍，读上去有点拗口，看上去也有那么一点儿专业了，但其实这道题目实质上 and 上面那道小学题是完全一样的，所要运用到的数学知识跟第一道题目完全一样，我们看一下这道题目的图解：

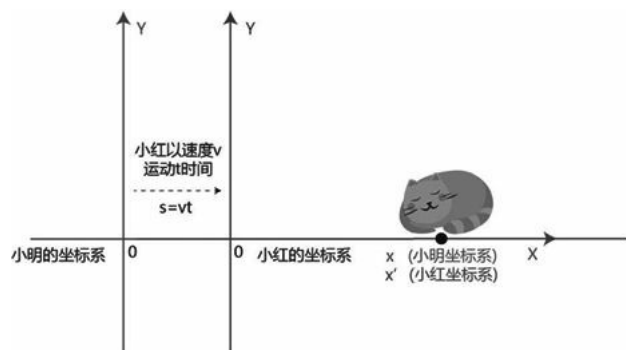


图2-4：数学题图示

画完上面这个图解，我必须顺便提一下，像这样一根横着的 $X$ 轴加一根竖着的 $Y$ 轴的坐标系叫做直角坐标系，这是数学家笛卡尔发明的，我们在高中的时候还学到过一种极坐标系，那个只需要一个极点和一根极轴就够了（任何一个点的坐标是用到极点的距离和与极轴的夹角来表示），但是直角坐标系因为特别容易理解，所以用得最广泛，以至于我们经常省直角两个字，直接叫坐标系。我教你一个“装”的招数，就是下次遇到机会就这样说：“各位，首先让我们来构建一个笛卡尔坐标系……”加上笛卡尔三个字，听众立马

就会觉得你很厉害。如果你只是平淡无奇地说：“各位，首先让我们画个坐标系。”这效果立马大打折扣。  
言归正传，就着上面的图解，我直接写下答案，我想你一定能理解的：

$$\begin{aligned}x' &= x - vt \\ t' &= t\end{aligned}$$

以上这两个数学表达式我们称之为伽利略变换式，我知道你此时正在想： $x'$ 到 $x$ 的变换马马虎虎还能算个数学公式，不过也真是够简单的，但这个 $t'=t$ 真是要让我喷饭了，这算啥意思？就是告诉我们小明的手表过去了几分钟，小红的手表也过去了几分钟吗？这也需要伽利略来当做一个伟大的定理告诉我们？不可思议啊不可思议，我要是能回到古代多好啊，我也能成为像伽利略一样牛的科学家。

你先不用这么愤愤不平，让我来解释一下这两个数学表达式的伟大意义。坐标 $X$ 我们可以把它抽象地认为是小明眼中的世界，而坐标 $X'$ 我们可以抽象地认为是小红眼中的世界，那么有了这个关系式以后，只要知道了小红的速度和时间，我们就能把小红眼中的世界转换为小明眼中的世界。嗯，上面几句话我承认还是有点费解，所以我需要来举例子了。

现在你想象一下小红在一艘匀速直线开动的船舱里面做各种各样的力学实验，测量各种实验数据来推导各种力学定理。力学实验要测量什么？你仔细一想，你会发现，所有的力学实验对于物理学家来说只需要测量两样东西，一个是坐标（比如小球的起点坐标和终点坐标），一个是用一个尽可能精确的钟表测量时间（当然通常还要测量一个质量，不过那个一般都是一次性测量或者取一个标准质量的物体）。所有的力学实验无非就是测量各种各样的坐标和时间的数据，然后从这些杂乱的数据中寻找普遍规律，从而总结出力学定理。

现在小红是一个在船舱中做实验的物理学家，小明是一个站在岸上的物理学家，对于同一个实验，小红以自己为参照系可以很方便地测量出来一堆的数据，但是你想如果小明也想测量小红所做的那些力学实验的数据，他该怎么办？小明既没有千里眼，也没有千里手，船每时每刻都在离他而去，小明对此只能望洋兴叹。

伽利略突然出现了，他看着愁眉苦脸的小明。

伽利略微笑着说：“不用发愁，山人自有妙计。”

小明问：“什么妙计？”

伽利略说：“你只需要知道船的速度即可，剩下的事情就都好办。”

小明说：“船的速度不难知道，测出来以后接下来怎么办呢？”

伽利略说：“你只要让小红把她测量到的所有实验数据下船以后给你，然后我给你这个强大的伽利略变换式，你就能把她测得的所有坐标数据和时间数据变换成以你为参考系的数据。”

小明说：“原来如此，伽利略你真了不起！”

于是，小明按照伽利略的办法如愿得到了所有他想要的实验数据。然后，小明和小红分别用自己手头的数据开始研究力学定律了，研究完毕，两人把他们各自总结出来的规律一比较，竟然完全一致。

你看，有了伽利略变换式，我们就能证明对于同一个力学实验，不管是站在小明的角度观测，还是站在小红的角度观测，所得到的规律是相同的。这说的不就是伽利略相对性原理吗？看来伽利略还真是有点不简单。

大家是否还记得我们在上中学的时候学过一个关于自由落体的定理： $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，这个定理告诉我们的，只要知道物体下落的时间，我们就能算出物体下落的高度。

我本来想以这个为例子来说明虽然通过伽利略变换后实验数据的绝对值变了，但是最后用数学的方法倒腾来倒腾去，等式两边同时加加减减，居然所有的差异都神奇地抵消了，最后总结出来的公式不论是在小明的参考系中还是在小红的参考系中都是完全等价的。但是考虑到很多人对数学公式的天生惧怕，我别弄巧不成反成拙，偷鸡不成蚀把米，反而吓跑了各位耐心的读者，那就悲剧了！因此，我还是不卖弄数学风骚了。

伽利略变换式的伟大意义就在于他用数学的方法证明了伽利略相对性原理。

说到这里，我相信各位读者已经完全理解了伽利略相对性原理和伽利略变换，一点儿都不难理解。正因为简单易懂，符合我们日常生活中观察到的所有现象给我们造成的印象，因此，伽利略大侠的这一原理、一变换就像是倚天剑、屠龙刀，统治了物理学江湖长达200多年之久。在200余年的时间里，无人不臣服，无人敢于挑战，就好像此刻的你不也认为这是天经地义的事情吗？难道这真有什么可以挑战的地方吗？是的，200多年后一个叫洛伦兹（Lorentz, 1853-1928）的侠士拿着一把锈迹斑斑的大刀，向伽利略变换发起了挑战，并且竟然一刀就将伽利略变换这把屠龙刀斩为两截。随后，一个26岁的年轻人，无门无派，不知道从何方冒出来，也携一把木剑向伽利略相对性原理这把倚天剑发出了挑战，这一战那真叫是刀光剑影，霹雳惊雷。这个年轻人，姓爱因斯坦，名阿尔伯特，那真是一位500年一遇的奇男子。当然，这些是后话，且听我慢慢道来。

1642年1月8日凌晨4点，在其故乡意大利，78岁的伽利略走到了人生的尽头，他不断地重复着一句话：“追求科学需要特殊的勇气。”声音越来越轻。终于，伽利略吐出了最后一口气，合上了眼睛，一位科学巨星陨落了。冬去春来，斗转星移，整整一年后，在英格兰的林肯郡有一名男婴呱呱坠地，一位新的科学巨星诞生了，力学的接力棒从伽利略手上交到了这名男婴的手上，这名男婴叫做艾萨克·牛顿。

## 史上最牛炼金术士牛顿

牛顿是历史上最伟大的炼金术士（没有之一），是最伟大的物理学家、天文学家、数学家、自然哲学家、神学家之一。纵观古今中外所有的“家”们，能集如此众多的“家”于一身的，古往今来就只有牛顿一人。不但空前，而且必将绝后，因为现代科学的分支越来越细，研究越来越深，任何一个领域想要成为“家”都得穷其一生才行……打住打住，你说什么？牛顿是最伟大的炼金术士，还没有之一，真的假的？对于这个事情，我没有半分开玩笑的意思，是千真万确的。牛顿用其一生追求点石成金之术，不过没有证据说明他是为了财富才炼金，我想他去炼金也应该是出于对大自然奥秘的追求。牛顿自己多次说过他最大的兴趣是炼金术，而且他用自己的实际行动证明了这一点，他流传下来的关于炼金术方面的著述超过五十万字，他在炼金术方面花费的时间相当于他在其他学科所花费的时间的总和。但大多数人都不知道牛顿是炼金术士，主要还是因为他在这个方面没有成就，因为以当时人类对自然科学的认识，是不可能掌握点石成金之术的。

说到牛顿在自然科学方面到底有哪些贡献，那真是可以用多如牛毛来形容。在物理学方面，他提出了著名的牛顿运动三定律，以及质量守恒、能量守恒、动量守恒等定律；在天文学方面，他发现了万有引力定律（还记得那个苹果掉在牛顿头上的传说吗？苹果只是个传说，别太当真），发明了反射式望远镜；在数学方面创立了微积分；在光学方面发现了色散现象，牛顿环现象，写出了《光论》；在经济学方面，奠定了英国的“金本位”体制（牛顿是英国皇家造币局局长）。这个清单如果继续往下还能写得很长很长，但是上面说的这些你都可以在看完本书后忘掉，只有一样，你一定要记住，记住这一样，以后跟人谈起牛顿，你只要一提起，人家就会认为你对牛顿了解得不少，那就是你一定要记住牛顿写过的一本书。李敖曾说过“牛顿其人，500年不朽；牛顿其文，1000年不朽”，就是指这本书（虽然有大量的证据表明李敖是一个科盲，也没读过牛顿的这本书，但是这句话说得还算靠谱）。书名全称叫做《自然哲学的数学原理》（*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*），我们一般简称为《原理》。这本书代表了经典物理学的巅峰，牛顿把从大到天上的皓月星辰，小到地上的潮起潮落，一切的自然规律都纳入到了他那本震古烁今的《原理》中。这本书就像是神话中的魔法书，读懂了它就可以预测一切天文奇观。我们前面说过伽利略为经典力学打下了基桩，牛顿在上面构筑了雄伟的大厦，而《原理》就是这座大厦的丰碑，希望你能记住。好了，毕竟我们这本书是讲相对论的，不是给牛顿著书立说，总之我们只要知道一点，牛顿是一个光芒万丈的天才科学家即可。对了，他的墓志铭必须要说一下，诗人波普为牛顿所作的墓志铭中写下了这样的名句：

自然和自然的规律隐藏在黑夜里，上帝说：降生牛顿！于是世界就充满光明。

看看，诗人就是诗人，你说牛顿哪里还是个人，简直就是神的化身啊。你说就这么一个神一样的人物，用了自己生命的一半时间去研究炼金术，这世界上还有谁能比他炼得更出色？牛顿炼金炼累了，顺便想一下物理、数学、天文的事情，想出来的东西就够我们后人仰视一辈子了，这样的人如果还不是史上最牛炼金术士，谁敢是？

但我们毕竟要说的是相对论，因此，说牛顿，我只谈他跟相对论有关的内容，牛顿在其他方面的成就我就不再多说了。

## 牛顿的绝对运动观

下面，我要虚构一段牛顿在剑桥大学给物理系的新生们授课的场景。有史料表明牛顿的讲课水平出奇的烂，据说常常在他的课堂上，到第一节结束的时候，座位上的学生已经寥寥无几，牛顿只好对着空荡荡的教室快点把剩下的内容讲完，然后匆匆回到实验室做研究去。以至于后来牛顿把每节课的时间减少到15分钟，这样才不至于要对着空气讲课，可见，牛顿实在不能算得上一个称职的老师。但为了让各位可爱的读者能坚持看下去，我会尽可能地把牛顿的这个短板补上，把这个课讲得有趣一点。特别申明，场景和对话纯属虚构。

牛顿说：“同学们，上课了！下面开始点名。Tom,ok,Jerry,ok，嗯，不错，今天来了两个，比昨天多了一个。今天我们要讲的是时间、空间和运动。

“我们假设有一艘船正以10米/秒的速度开着（画外音：船，怎么又是船，我说你就不能新鲜点吗？换个火车啥的。唉，我也不想啊，那个时代没有火车、飞机、火箭，能开的东西不是马车就是船，所以那会儿的物理学家一说起运动，就只能说船，但我跟你保证我们这本书的后面不但有飞机还有宇宙飞船，包你过瘾），Tom，现在我把你扔在船尾，你以1米/秒的速度朝船头方向走动。Jerry，你站在岸上，我想问一下，Tom在你眼里的速度是多少？Jerry，Jerry，这才刚开始你怎么就打瞌睡了，振作点，这还有读者呢！好吧，Jerry，看在你这么诚恳地看着我的分上，我就不难为你了。

“我们利用伽利略变换式可以很容易的就算出，在Jerry的坐标系里面，Tom的移动速度是船的移动速度加上Tom自己走路的速度，也就是10+1=11米/秒。

“那么，问题一：如果Jerry自己在岸上用2米/秒的速度和船做同方向运动，在Jerry眼里Tom的速度是多少呢？问题二：如果Jerry和船做着反方向运动，在Jerry眼里Tom的速度又是多少呢？

“我们再次利用伽利略变换，可以算出，问题一是10+1+2=9米/秒，问题二是10+1+2=13米/秒。Tom & Jerry，你们的老师我如此婆婆妈妈啰啰唆唆地问你们这些看似很无聊的问题，是希望你们能自己总结出速度合成的规律，给出速度合成的定理。怎样，你们俩个谁先表现一下？”



Tom举手，说：  
“教授，我知道了，假设A的速度是V,B的速度是U，那么他们的相对速度W的公式是：

$$W=v\pm U$$

“取加号还是减号关键看两个速度的方向，如果一致就取减号，否则取加号。”

牛顿说：“非常好。那么，Jerry，你同意Tom的结论吗？”

Jerry说：“我完全同意，教授。我想补充说明的是，速度到底是多少，绝对不能脱离参考系，同样运动的物体，在不同的参考系中，速度是完全不一样的。比如，在我眼里Tom的速度是11米 / 秒，但是如果从一个站在太阳上的人眼里看来，Tom的速度还得再加上地球绕太阳运行的速度。”

Tom说：“我再补充一句，当我们说某某的运动速度是V的时候，必须先设定该速度的参考系，否则就会失去物理意义。按照这个道理，速度也不存在绝对的快慢。当我站在船上Jerry站在岸上，在船上飞舞的苍蝇眼里，Jerry运动得比我快；反过来，在岸上飞舞的苍蝇眼里，我运动得就比Jerry快。”

牛顿说：“说得很好，你们两个今天果然精神多了，有观众和没有观众真是不一样啊。但是接下来我就要问你们一个有深度的问题了，请问，什么东西可以做参考系？”

Tom & Jerry异口同声地说：“任何东西都可以做参考系。”

牛顿说：“很好，那空间本身是不是也可以做参考系？”

Tom & Jerry：“呃……这个，还真是没想过这么深奥的问题。”

牛顿说：“请你们想象一下，宇宙中充满了空间，宇宙延伸到哪里，空间就延伸到哪里。这个巨大的空间本身代表的就是宇宙的母体，处处均匀，永不动，所有的东西，天上的星星，地上的蚂蚁，我们所居住的地球都在这个空间中运动。如果把空间本身看做是一个参考系，这个参考系就是一个‘绝对空间’，所有物体在这个参考系中的运动速度就是一种‘绝对速度’，他们就可以比较快慢了，我们会发现，原来地球的绝对运行速度比太阳的绝对速度要快。”

Tom说：“教授，您的这个思想真是太深刻了，学生佩服。”

Jerry说：“可是，我还是有点无法理解。”

牛顿说：“Jerry，在上帝的眼里，我们的宇宙就像一个巨大的玻璃球，玻璃球中充满了水，水安安静静地待在那里，没有一丝一毫的流动。太阳星辰和我们就像水中的鱼儿一样在里面游动，鱼儿感受不到水的存在，我们也同样无法感受到空间中的某样实体的存在。亲爱的Jerry，就像水充满宇宙这个大玻璃球一样，我们的宇宙也被一种叫做以太的物质充满，宇宙万物的运动都相对于这个以太有一个绝对速度。你能理解了吗？亲爱的Jerry。”

Jerry说：“是的，教授，我理解了。但是，您说的这个以太总是让我心里有点不安，因为他无法被我们所感受到，根据我们老家奥卡姆很流行的一句话来说，似乎这样的东西就跟没有是一样的。教授，您能设计一个实验来证明绝对空间的存在吗？”

Tom说：“我说Jerry，你是不是想多了，教授是多么伟大的人，他的思想还能有错吗？”

牛顿说：“不，Tom，别这么说，我可不是胡克（牛顿当时很讨厌的一个物理界的权威，他发现了胡克定律，也就是弹性定律，我们中学都学过）那个小矮子，不容得别人质疑。我是站在巨人肩膀上的人，当然比胡克那个小矮子看得远点，哈哈！Jerry，你提的问题很好，我已经想到了一个思维实验来证明绝对空间的存在。”

## 牛顿水桶实验中的绝对时空观

牛顿转身在黑板上画了一个大大的水桶的俯视图，又在水桶的里面画了一些水，要不是牛顿一边画一边解释这是什么，Tom & Jerry都会以为牛顿在画大饼。

牛顿说：“我们下面来做一个水桶实验。Jerry你看到我画的这个装着半桶水的水桶了吗？外面这一圈就是桶壁，里面都是水。



图2-5：牛顿的水桶实验

“现在Jerry你想象你的身体突然缩小了，缩得很小，然后我把你固定在水面附近的桶壁上，让你可以很方便地看到水的状态。注意了，我现在用一根绳子把水桶给吊起来，然后我把水桶这么用力一转，于是水桶就转动起来了。Jerry，你在水桶里面感觉好吗？”

Jerry说：“教授，感觉很不好，我的头要晕了，我的眼睛在冒金星。”

牛顿说：“坚持住，孩子，集中精神，观察水面。”

Jerry说：“放心吧，教授，我能坚持。”

牛顿说：“Tom，我已经跟你们讲过我的第一运动定理，物体会保持自己的惯性。所以，水桶在刚刚开始旋转起来的时候，整个水体因为要保持惯性，所以不会马上跟着转起来，水桶会转得比水快很多，这一点不用怀疑。那么在水桶刚开始旋转起来的时候，在Jerry眼里看来，水相对于他开始转动起来了，我们现在向Jerry求证一下，看看是不是这样。Jerry，快点告诉我你看到了什么？”

Jerry说：“教授，我听到你跟Tom说的话了，正如你说，我看到水转动起来了。”

牛顿说：“很好，Jerry，我们都知道一个旋转的物体会产生向外的离心力（准确地说向心力），这个离心力表现到一个呈圆柱形的水体中，就会使得水面中心向下凹陷，这是我们在生活中经常观察到的现象。Jerry，你看下水面发生了什么？”

Jerry说：“教授，我看到水面依然平静如故，没有往下凹陷，这可真奇怪了，我明明看到水在围着我转动啊？”

牛顿说：“Tom，看到了吧，在我们眼里，转动刚开始的时候水面不凹陷非常正常，因为在我们眼里水由于惯性还没转起来嘛。换句话说，水相对于绝对空间尚处于静止状态。现在我们稍等一下，因为水的黏着力，我们会看到最终水桶会带动着水一起开始旋转了，最后，水相对于

桶壁上的Jerry来说，静止了。Jerry，你现在看到了什么？”

Jerry说：“教授，我看到水越转越慢，越转越慢，现在已经不动了。哦天哪，太不可思议了，水面凹下去了，这真是我这辈子见过的最不可思议的景象，水面凭空就凹下去了，但是又没有旋涡，就好像水面上有一个无形的大铁球把水给压下去了一样！”

牛顿说：“你看，在Jerry眼中的神奇景象，在我们眼里看来平常无奇，原因很简单，此时的水相对于绝对空间开始旋转起来了，这个旋转的本质不因观察者所取的参考系而改变。好了Jerry，我现在把你复原，你回来吧。”

Jerry擦着汗说：“这真是一次奇妙的经历，教授！”

牛顿说：“让我们再来回顾一下刚才那个水桶实验，如果运动都是相对的，没有一个绝对参考系的存在的话，那么Jerry应该看到水面是先凹后平，但是实际上Jerry和我们一样都看到了水面是先平后凹的，这就是绝对空间存在的证明。”

牛顿得意地说完，看着Tom和Jerry，俩人还愣着呢，一时半会儿反应不过来。牛顿的水桶实验虽然具备大智慧，但却并不能让所有人满意，物理学界对这个实验的质疑声从来就没有停过，但毕竟牛顿的光芒实在太耀眼了，其他人的声音很难发得出声响。

Tom说：“教授，你的这个思维实验太伟大了，我折服了。”

Jerry说：“教授，我恐怕一下子还不能完全理解，让我回去再想想。”

牛顿说：“Jerry，看不见摸不着而又真实存在的东西有很多，不止是以太，还有一样东西，你也看不见摸不着，但是我们谁也无法否认它的存在，那就是——时间。你们说说看时间是什么？”

Tom说：“时间就是生命，时间就是金钱，时间就是知识，时间就是胜利，时间就是丰收，时间就是灵感，时间就是思考。”

Jerry说：“时间就是教堂的钟声，时间就是太阳的东升西落，是斗转星移，我说不清楚时间是什么，但我分明感受到时间在流逝。”

牛顿说：“时间是它自个儿的事情，它真实存在但又与外在的一切事物都无关，它绝对地、均匀地流逝，不与任何性质相关，任何力量都无法改变它绝对不变的频率。威斯敏斯特大教堂的钟声12点整敲响，它就是12点整敲响，不会因为你在洗澡还是在跑步而改变它12点整敲响这个本质。Tom在伦敦，Jerry在巴黎，如果忽略声音的传播时间的话，当钟声响起的时候，你们都应当听到钟声，在听到的那一刹那你们俩若有心灵感应，你们会同时感受到对方传递的感受。时间对于世间万物都是公平的，上帝他老人家既像一个慷慨的施主又像一个超级吝啬鬼，不论你是国王还是乞丐，他老人家从不……”

此时，下课铃响了，Tom & Jerry几乎是在和下课铃响起的同时消失在教室门口了，消失速度之快甚至让牛顿都怀疑时间是不是真的存在。

“……多给一点也不少给一点。”牛顿对着空气（他早就习惯了）把最后一句话说完，也夹着讲义走出了教室。

牛顿的时空观符合我们大多数人的日常生活体验，因此，对于牛顿的这套思想体系我相信也很容易被各位读者所接受。况且，和牛顿的想法一样本身就是一件多么值得自豪的事情啊，牛顿是如同神一般的存在，他是当时物理界的泰山北斗，他是物理界的教皇，牛顿说出来的话就像是来自上帝的启示。牛顿的绝对时空观被郑重地写入他那本神书《自然哲学的数学原理》中，神书之所以是神书，因为用神书中所描述的定理可以精确地预测月食、日食发生的时间，精确到分秒不差，还能通过计算预言当时尚未被观测到的太阳系行星的存在（海王星），当预言被证实的时候，牛顿本人和他那本神书的声誉达到了空前的顶峰，再没有人怀疑神书中描述的任何事情，牛顿的经典世界观大有千秋万载、一统江湖之势。

然而，就在牛顿死后又过了100多年，一系列的物理实验都得到了让人匪夷所思的结果，这些结果如此地让物理学家诧异以至于一次次地怀疑自己的实验设备是不是出了问题，但是所有的实验被一再地重复，而且实验结果都在无情地推翻着牛顿的绝对时空观，整个物理界都开始陷入了疯狂，物理学遇到了前所未有的危机。如若牛顿地下有知，一定会说：“上帝啊，这一切到底是怎么了？”

如果说到目前为止，本书所说的一切都还让你觉得这个世界就是我所认识的那个天经地义的世界，那么，接下来发生的一切，都将慢慢颠覆你的常识，挑战你的思维底线。

## 第三章 光的速度

经过了漫长的前面两章的阅读，我们终于要开始真正进入到相对论的世界了，如果说相对论是隐藏在山谷中的桃花源的话，那么正是“光”引导着懵懂的人类拨开草丛，沿着蜿蜒的小溪进入一个幽暗的洞穴，穿出洞穴，然后一切豁然开朗，桃花源就在眼前。

说相对论就必须谈谈人类对光的传播速度的探索历程，你必须耐着性子，压着对相对论到底是什么的强烈好奇，和我一起回顾一下人类和自然界中最普通也最神秘的光的故事（不是罗大佑的光阴的故事，而是光的故事），注意，这绝对不是废话，“光”是本书最重要的主角之一。

### 伽利略吹响冲锋号

在人类漫长的历史中，曾经大家一度认为光线的传播是不需要任何时间的，也就是光的传播速度无限大。这非常符合我们的常识，你在漆黑的房间里面划亮一根火柴，火柴的亮光发出的那一刹那，整个房间就被照亮了，谁也没有看到过自己的手先亮起来，然后是自己的脚再亮起来，再看到房间的墙壁慢慢从黑暗中显现出来。当太阳从山后升起的那一刹那，地面上所有的东西都同时披上了金色的外衣，谁也没有看到过阳光像箭一样朝我们射过来。

但是，在今天，连小学生都知道，之所以我们无法感觉到光的传播速度，不是因为光的传播不需要时间，而是光传播的速度竟然达到惊人的30万公里 / 秒。这是一个多么快的速度啊，如果用这个速度跑步，一秒钟可以绕地球7圈半。如果用这个速度从地球跑去月球，1秒钟多一点就到了，而目前人类最快的飞行器阿波罗登月飞船要飞4天。你可能很好奇，这么快的速度，到底是怎么测量出来的？这正是本章要讲述的故事——测量光速。但是所有参与这个故事的人都只猜到了开始，却没有猜到结局，人类对光速的测量本是一个普普通通的物理实验行为，没想到最后却给整个经典物理学说笼罩上了一层乌云。

第一个对光速无限大提出质疑的人就是我们的老熟人伽利略先生。伽利略从哲学的角度思考，认为物质从一个地方到达另一个地方不需要时间是一件无论如何都无法想象的事情，上帝既然创造了空间，那么就不应该再创造出可以无视空间存在的东西。伽利略毕竟是伽利略，他不仅仅是停留在对光速无限大提出质疑的层面上，而且开始着手用实验来测量光速。

我们来看看伽利略是怎么做的。伽利略一行四人，分成两组，分别登上两座相隔甚远的山峰，每组各自携带一个光源。很不幸的是，那个时代能够让伽利略他们挑选的光源只有两样：火把和煤油灯。伽利略他们只好带上两盏自己改良后的煤油灯，其实只是做了一个简单的改进，就是在煤油灯的一面加上了一个滑盖，这样亮光就被挡住了。如果把滑盖迅速地拉起，亮光就会照射出来，通过快速地拉动滑盖就能制造出从远处看来煤油灯一闪一闪的效果。除了两盏煤油灯外，还需要两只一模一样的钟摆计时装置（这种装置也是伽利略发明的，利用钟摆的等时性原理制成，是摆钟的前身），以及记录数据的纸笔。好了，这就是伽利略他们全部的装备。各位如果你们现在来到山顶，拿着这些装备，得到的任务是测量光速，你会怎么办？你是不是会一筹莫展呢？且看我们的大科学家伽利略是怎么做的吧。

在上山前，伽利略开始给队员们布置任务：“卡拉齐，你和我一组去A区，贝尼尼和卡拉瓦乔一组，你们去B区。我和贝尼尼负责掌管煤油灯，卡拉齐和卡拉瓦乔负责数据记录。贝尼尼，你给我记住，当看到我的煤油灯发出的信号时，你也立即拉开滑盖给我信号，我一看到你的信号我就会关灯，然后你一看到我的灯灭了，你也赶紧把灯关上，我看到你关上了灯我就迅速的又把灯打开发出信号，于是你按照前面的步骤重复，我们就这么循环做下去，只要我给信号你就不要停。听明白了吗？贝尼尼。”

贝尼尼说：“是！”

看到这幅场景，如果不知道的人，保证以为伽利略是特种部队的头，正在打真人CS呢。

伽利略说：“卡拉齐，卡拉瓦乔，你们两个负责记录数据，你们听好了，你们的任务是记录在钟摆的一个来回内，你们总共看到你们的同伴发出了多少次信号。任务大家都清楚了吧？还有没有问题？”

众人齐声：“没有了！”

伽利略：“有没有信心完成任务！”

众人齐声：“保证完成任务！”

于是，带着必胜的信念他们上山去了。伽利略的智慧是过人的，他已经有了用统计学的方法来消除误差的想法。他很清楚，他们在打开关闭煤油灯的过程中，必然会有很多来自方方面面的误差，要消除这个误差，就必须重复做大量的次数取均值。你可以想见在那个寒风凛冽，伸手不见五指的山顶（为了实验效果，他们还要特意选择没有月光、星光干扰的阴天），伽利略和他勇敢无畏的助手们为了探求光速的秘密，不知疲倦地做着开关煤油灯的机械动作，边上还有两个人一边数着煤油灯开关的次数，一边还要注意钟摆的摆动，其难度可想而知。

然而不幸的是，虽然有必胜的信念，但却是一个不可能完成的任务。如果伽利略地下有知光速是每秒

30万公里的话，他也只能用他的那句名言“追求科学需要特殊的勇气”来自嘲一下了。用煤油灯和钟摆计时器想要测量光速无异于把比萨斜塔抱起来去量一下细菌的长度。虽然如此，我们仍然要向伽利略致敬，是他吹响了人类向光速测量进攻的号角。

## 光速测量大赛

伽利略死后又过了30多年，也就是到了1675年左右，人类终于首次证明了光是有传播速度的，这个荣誉要授予一个丹麦天文学家，他的名字叫罗默（Olaf,Romer,1644-1710）。罗默特别喜欢观测木星（这是最容易在地球上看到的一颗星星，很大很亮，像我在上海，夜晚的灯光很亮，天上只能看见少数的几颗星星，一般来说，那颗最亮的，那颗像灯泡一样挂在天上的星星就是木星）。当年伽利略第一个发现木星原来也有卫星，而且至少有四颗，这四颗卫星围绕着木星公转，从我们地球的角度看过去有时候这些卫星会转到木星的背面去，于是就产生了如同我们在地球上看见月食一样的现象，木星的卫星慢慢地消失，然后在木星的另一侧慢慢出现。罗默对木星的“月食”现象整整观察了9年，积累了大量的观测数据。他惊奇地发现，当地球逐渐靠近木星时，木星“月食”发生的时间间隔也会逐渐缩小，而当地球逐渐远离木星时，木星“月食”发生的时间间隔也会逐渐变大。这个现象太神奇了，因为根据当时人们已经掌握的定理，卫星绕木星的运转周期一定是固定的，不可能忽快忽慢。罗默经过思考，突然灵光一现：我天，这不正是光速有限的最好证据吗？因为光从木星传播到地球被我们看见需要时间，那么地球离木星越近，光传播过来的用时就越短，反之则越长，这用来解释木星的“月食”时间间隔不均现象那真是再恰当不过了。罗默的计算结果是光速是22.5万公里/秒，已经和真相差得不远了。罗默最大的贡献在于他用翔实的观测数据和无可辩驳的逻辑证明了光速有限，并且还精确地预言某一次“月食”发生的时间要比其他天文学家计算的时间晚10分钟到来，结果与罗默预言的分毫不差，从此，光速有限还是无限的争论画上了句号，整个物理学界都认同了光速是有限传播的。

接下来的事情就像一场比赛，大家比赛看谁能更精确地测量出光速。在这场比赛中，有两大阵营，就是天文学家阵营和物理学家阵营。天文学家用天文观测的方法来计算光速（除了利用我们前面说到的类似罗默观测木星卫星的方法来观察其他行星的卫星，还有一种方法叫光行差，这里不多介绍，有兴趣可以自己网上查），而物理学家试图在实验室中精确地测量出光速。刚开始，天文学家一直跑在前面，毕竟光的速度太快了，在天文的大尺度范围内显然更容易观测到因为光速有限而产生的各种天文现象，但对实验物理学家来说，要想让实验的精度提高到足以测量光速，那真是比登天还难。不过，普通大众总是更愿意相信实验室中的数据，毕竟天文观测离我们太遥远，人们迫切地希望能在实验室中真正测量出光速来，毕竟看得见摸得着的实验设备还是更让人觉得温暖一点，但是想要提高实验精度谈何容易。因此一直到罗默证明光速有限后又过去了170多年，直到1849年，法国物理学家菲索（1819-1896）想出了一个绝妙的主意来测量光速，这个点子实在是太棒了，下面我们来看看菲索的旋转齿轮法是如何测定光速的，凡是见过这套实验设备的人无不拍案叫绝。

菲索的旋转齿轮法的原理图如下：

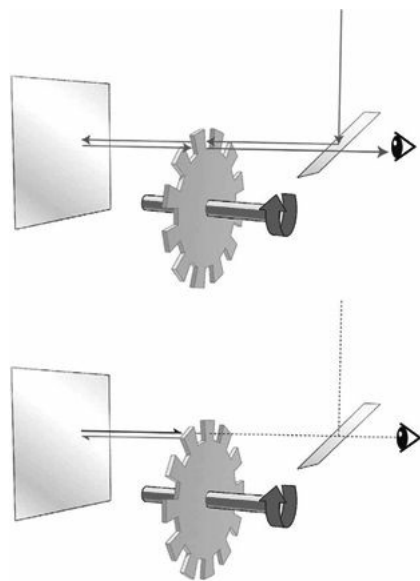


图3-1 菲索的旋转齿轮法测量光速的原理图

一束光穿过齿轮的一个齿缝射到一面镜子上，然后光会被反射回来，我们在这个镀了银的半透镜后面观察（这种镜子有特殊的性质，就是一半的光会被反射掉，一半的光会被透射过去，这种现象一点都不稀奇。你在家对着窗户朝外看，如果明暗合适，就既能看到自己的影像又能看到外面的景物，这就是光的半透射现象），你想一下，如果齿轮是不转的，那么被反射回来的光原路返回，仍然通过那个齿缝被我们看到。此时，你开始转动齿轮，在刚开始转速比较慢的时候，因为光速很快，光仍然会通过这个齿缝回来。但是当齿轮越转越快，越转越快，到一个特定的速度时，光返回的时候齿缝刚好转过去，于是光被挡住，我们就看不到那束光了。当齿轮的转速继续加快，快到一定程度时，光返回的时候恰好又穿过下一个齿缝，于是我们又能看见了。这样的话，我们只要知道齿轮的转速，齿数，还有我们的眼睛距离镜子的距离，就能计算出光速。注意，这个实验的最伟大之处就是不再需要一个计时器，之前所有的实验室测量光速都失败的根本原因都在于找不到有足够精度的计时器。但是你们也别以为菲索很轻松，事实上因为光速实在太快了，菲索只能不断地加大光源到镜子的距离，这样就对光源的强度提出了更高的要求，还要不断地提高齿轮的齿数，因为齿数太少精度也不够。就这样，在菲索不懈的努力下，终于当齿数上升到720齿、光源距镜子的距离长达8公里之遥、转数达到每秒12.67转的时候，首次看到了光源被挡住而消失。当转速提高一倍以后，他又再次看到了光源。菲索终于胜利了，他计算出了光的速度是31.5万公里/秒，这离光速的真相已经咫尺之遥了。

光速测量的比赛还在继续，各种各样的新方法被发明出来，实验精度一步步地提高，但是我们就不再继续深究下去了。我只想通过前面的讲述让你明白人类在对光速的测量之路上是如何艰难跋涉的。光速也绝不是某人的凭空想象，是几代人的不断努力才发现的大自然的奥秘。但本章关于光速的故事才刚刚开始，好戏即将上演。

## 惊人的发现

菲索在实验室得到光速的20多年后的1873年，英国科学家麦克斯韦（Maxwell, 1831-1879）出版了可与牛顿的《原理》比肩的物理学经典巨著《论电和磁》，但这本书却不像《原理》那样一诞生就技惊四座、光芒四射。《论电和磁》刚开始的时候很难得到大多数人的认同，这也难怪，电和磁都是虚无缥缈的东西，对它们进行描述的理论总不像对小球的运动规律进行总结的理论让人觉得实在。麦克斯韦认为电和磁是同一种物质的不同表现形式，它们之间的性质和相互作用力被麦克斯韦用一组简洁优美的方程组所描述，这个方程组叫做麦克斯韦方程组。你只要随便翻看一本讲物理学或者科学史的书，基本上都会提到麦克斯韦方程组是数学美的典范，无数大科学家都被它的美所震撼，单从它完美的表现形式来说，它就不可能是错误的（事实上直到今天，所有经典物理学中的公式除了麦氏方程组以外，都被相对论所修正。唯独麦氏方程组仍然保留着简洁优美的形式，似乎添加任何一笔都是多余的）。不过，我不需要在这本书中把这个方程组写下来，我和各位读者一样也是电磁学的门外汉，无法体会它的美，如果读者当中恰好有这么一两个懂行的话，我相信麦氏方程组已经深深印在了他们的头脑中，也不需要我再抄出来。

根据这一套优美的方程组，麦克斯韦预言了一种神奇的叫做电磁波的东西，麦克斯韦说：“随着时间变化的电场产生了磁场，反之亦然。因此，一个振荡中的电场能够产生振荡的磁场，而一个振荡中的磁场又能够产生振荡的电场，这样子，这些连续不断同相振荡的电场和磁场循环往复，永不停歇，就像一粒石子扔入湖中产生的涟漪，电磁场的变化也会像水波一样向四面八方扩散出去，这个扩散出去的电磁场我把它叫做——电磁波。虽然我现在还无法用实验的方法证明它的存在，但我坚信它一定存在。”

很遗憾，天才麦克斯韦只活到48岁就死了，到死也没能亲眼见证电磁波的诞生。他死后没过几年，一位德国的青年物理学家赫兹（Hertz, 1857-1894）接过了麦克斯韦的衣钵，终于在1888年，赫兹在实验室里发现了人们怀疑和期待已久的电磁波。赫兹的实验公布后，轰动了整个物理学界，全世界的物理学家都纷纷效仿此实验，所有的实验结果都证明了麦克斯韦电磁理论是正确的，麦克斯韦方程组取得了决定性的胜利，麦克斯韦的伟大遗愿也终于得以实现。既然电磁波是一个波，那么它的传播速度就可以用频率乘以波长算出来，频率很好办，是由实验设备的各种参数决定的，而波长也不难测，只要拿着一个感应器找到波峰（感应电流最强）和波谷（感应电流最弱）即可算出波长，赫兹没有费多大劲就拿到了波长和频率，他把两个数值一乘，得出了电磁波的传播速度是31.5万公里/秒（限于实验精度，和真实的速度有误差），一个惊人的速度。

等等，等等，我相信你和赫兹一样，看到这个数字突然觉得很熟悉，这个数字好像在哪里见过，31.5万公里/秒，31.5万，啊！这个数字不正是菲索旋转齿轮法测出的光速吗？难道天下竟有如此的巧合，这真是一个巧合呢还是说，还是说……光就是一种电磁波？赫兹被这个想法弄得兴奋不已。不光是赫兹，全世界还有很多的物理学家都因为这两个一致的数字在猜测光是不是就是一种电磁波。正所谓众人拾柴火焰高，很快，大量的实验数据接踵而至，各种电磁波和光的相同特性被发现，科学界很快就达成一致意见：没错，光就是一种电磁波。

现在我们从电磁波的角度来研究一下光的传播速度到底是相对于什么而言的。波的传播速度等于介质震动的频率乘以波长，因而这个速度是相对于介质而言的。比如我们熟悉的水波，当一颗石子扔到水中

产生涟漪的时候，这些涟漪在产生的瞬间也就脱离了跟石子的联系，他们会在空中按照相对于水的恒定速度传播出去，因而在我们讲水波的传播速度的时候，隐含的参考系是水而不是那颗石子。同理，当我们谈论光的速度的时候，那么根据前面这种思想，隐含的参考系也不应该是光源，而是光的传播介质，但众所周知光是一种能够在真空中传播的东西，遥远的星光穿过空无一物的宇宙空间到达我们的眼睛里面，那么这个参考系、这个介质到底是什么？

那不就是牛顿所说的绝对空间和以太（注意，以太这个词并不是牛顿发明的，牛顿是以太学说的主要支持者）吗？牛顿的绝对时空观在统治了物理学界200年后达到了顶峰，伟大的艾萨克·牛顿爵士，您的光芒无人能挡，您为物理学构建起了雄伟的大厦。现在，就差最后一个能证明以太存在的实验来为这座雄伟的大厦砌上最后一块砖。但俗话说盛极必衰，物极必反，人往往是在最得意的时候忘了看脚下的路而跌倒。

既然已经知道了光相对于以太的传播速度是30万公里 / 秒，那么光速就成为了能证明以太存在的最佳证人，关键是要说服它出庭作证。我们看看让光速出庭作证的这个实验是怎么构想的：我们的地球以30公里 / 秒的速度绕太阳公转，在宇宙空间中飞行，换句话说，我们的地球在以太中高速地飞行，如果把我们的地球想象成一艘大船，我们站在船头，就会迎面吹来强劲的“以太风”，那么通过伽利略变换和速度合成公式，我们很容易得出光在“顺风”和“逆风”中的传播速度，这两个速度显然会不一样，至少要相差30公里 / 秒。我们只要能实验证明以上猜想，那么就确定无疑地证明了以太的存在，物理学界举杯同庆，新世纪就要到来了，这个实验无疑将是献给新世纪最好的一份厚礼。具体的实验设计众望所归，落到了两位实验物理学的泰山北斗级人物身上，他们就是迈克尔逊（Michelson, 1852-1931）和莫雷（Morley, 1838-1923），这二位也的确是当仁不让的人选，尤其是迈克尔逊，此人一生痴迷于光速的测量。

## 科学史上最成功的失败

本章的压轴大戏即将上演，在上演之前，我必须提醒你本书中提到的所有实验你都可以看完之后忘掉，唯独这个“迈克尔逊莫雷实验”你千万不能忘掉，随便打开任何一本物理学史书，或者打开任何一本关于相对论的书，甚至随便打开一本科学史书，都一定会提这个实验。如果你记不住迈克尔逊莫雷这么拗口的六个字，那你也可以记住“MM实验”，很多书上都这么叫；如果你连“MM实验”四个字也记不住，那你就记住“美眉实验”。总之，这个实验对于整个物理学史甚至对于整个人类的科学史都有着举足轻重的地位，它是给经典物理学带来狂风暴雨的两朵乌云之一。这个实验刚好是发生在世纪之交，怎么看都有一种史诗大片的感觉，它喻示着物理学在新旧两个世纪的交接。所以，我需要在这个实验上多花一番笔墨，让大家对这个实验了解得多一点。当你看完本书以后跟人闲聊的时候，如果还能记得聊一聊“MM实验”，将是笔者莫大的荣幸。

（以下迈克尔逊和莫雷的对话纯属虚构。）

麦：“莫雷，你先说说看，你对这个实验怎么想？”

莫：“麦克兄（虽然莫雷比迈克尔逊大14岁，但是迈克尔逊在实验物理界的威望很高，所以莫雷尊称迈克尔逊一声兄，但听起来有点像是在说麦克兄），光速在顺风和逆风的理论差值是30公里 / 秒，而光速是30万公里 / 秒，这意味着我们的实验精度必须要达到万分之一才行，以我们现在的实验条件，似乎离这个精度还差得很远。”

麦：“这个情况我很清楚，所以想听听你的想法，讨论一下我们怎样才能解决这个难题。”

莫：“在短期内提高实验精度这条路估计是走不通的，我们必须绕开直接测量光速，要想一个什么间接方法来测量才行。”

麦：“莫雷，我跟你的想法是一样的，肯定不能硬着头皮去测量，必须要想点儿什么别的办法。我想，我们是不是先把测量出绝对数值的目标放低一点，我们第一步先想出一个可以比较两束光谁快谁慢的办法。其实我们只要能先证明在顺风逆风中光速有差异，就迈出了胜利的第一步。”

莫：“麦克，你说得很对，我们把达成目标分成两段，先想出第一段如何达成，你是不是已经想到什么好办法了？就别卖关子了。”

麦：“我想到了英国人托马斯·杨（Thomas Young, 1773-1829）发现的光的干涉现象，我们或许可以利用这个特性来比较两束光的速度是否发生了变化。”

莫雷突然转身面向观众，说：“各位亲爱的读者，我给大家解释一下什么是光的干涉现象，听说你们现代人上高中的时候都要做这个光的双缝干涉实验。简单来说，就是把一束光照到两根互相靠的很近的狭长的缝隙上，在这个双缝的后面我们如果竖上一面白墙，我们就会在墙上看到明暗相间的条纹。

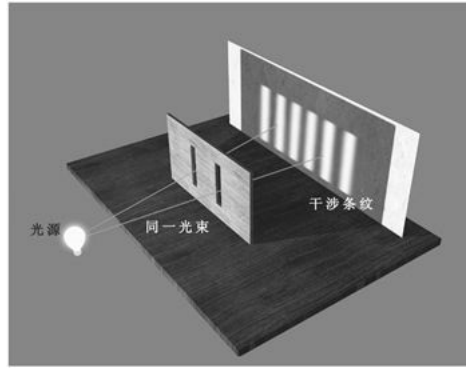


图3-2 光的双缝干涉实验

“这是因为，光是一种波，同一束光被分成两束以后自己会跟自己产生干涉，所谓的干涉就是波峰与波峰相遇，强度就会增加一倍使得光更加明亮，而如果波峰与波谷相遇，则刚好互相抵消，光就会变暗，明暗相间的条纹就是这么来的。”

莫雷转回去，朝麦克斯韦尴尬的一笑：“不好意思，收了作者的一点小意思，我跟他保证我们之间的对话要让读者能听懂的，请多多包涵哈，麦克风（一紧张把麦兄说成了麦克风）。”

麦克斯韦表示不介意，听说有观众，他表现得反而更积极了，他继续说：“如果我们能想出一个什么办法，让同一束光分别走不同的路线，一条路线是顺风的，一条路线是逆风的，然后让他们最终再会到一起互相产生干涉现象，因为这两束光的速度不同，因此他们产生的干涉条纹一定和我们正常情况下做出来的干涉条纹有所区别，你说对不对，莫雷？”这句话看似对莫雷讲，麦克斯韦却有意无意地侧侧身子，似乎是想更多地引起观众的注意。

莫：“麦克，你太牛了，这个点子实在是太绝了。”

麦：“我还有更精彩的没说呢，在实验过程中，如果我把整个实验装置慢慢转动起来，你说会发生什么？”

莫：“我明白你的意思了，麦克。转动实验装置相当于偏转我们这艘地球大船相对于以太风航行的角度，那么两束光的速度也会相应地发生变化，最后反映到干涉条纹上的结果就是条纹会慢慢地移动！如果这个神奇的现象发生了，那么就确定无疑地证明了两束光的速度在发生着变化，麦克，你太伟大了！”

麦克斯韦突然面朝观众，手里拿着张硬纸板，上面写着“鼓掌”两个字，很快又转回去了。

麦：“这个利用光的干涉性质来证明光速变化的实验原理图我已经想出来了，我画出来给你看，关键就在于中间那块半透镜，它可以把光分成两路，一路被反射90度朝上，一路直接透过去。”

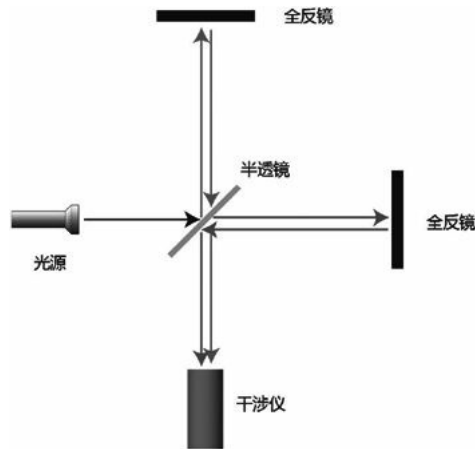


图3-3 迈克尔逊—莫雷实验原理图

麦：“我发明的干涉检测仪现在可就大有用武之地了，它比我们肉眼观测的精度可不知提高了多少倍。我计算了一下，如果地球的航行速度真是30公里/秒的话，那么在整个实验装置转过90度以后，我们应该观察到干涉条纹移动了0.4个条纹的宽度，我的干涉仪可以分辨出0.01个条纹宽度的移动，因此，我们的实验精度绰绰有余。”

莫：“不过这个实验装置要造起来也不容易，我们必须尽可能地消除地面震动带来的干扰，如果整个实验装置的底座不稳，则很可能前功尽弃。”

麦：“这个问题我也想到了，我准备建造一个巨大的水泥台，并且把这个水泥台放到注满水银的水槽上，让水泥台浮在水银上面，这也能有效地消除震动。”

莫：“好的，麦克，你怎么说我就怎么办，别看我脑子没你聪明，可我力气比你大，体力活儿你就交给我吧。”

莫雷在制作实验器具方面确实是一把好手，没过多久，MM实验台建造完成。现在一切就绪，只欠东风了，牛顿的夙愿即将实现，经典物理大厦就要落成，物理界全都在翘首以待实验结果。所有人都对实验结果相当乐观，前有伟大的牛顿，后有做物理实验尤其是测量光速的泰山北斗，一切都应该合乎逻辑，没有人怀疑大结局必将喜以喜剧收场。这一年爱因斯坦还只有8岁（笔者听到电视中传出声音：唯一看破真相的是外表看似小孩，智慧却过于常人的名侦探柯南。不知道8岁的爱因斯坦是否看破了真相），此时的爱因斯坦正在痴迷地玩着父亲送给他的一个小小的罗盘（爱因斯坦在回忆录中经常提到这个罗盘），连头都没有抬

起来看我一眼。

然而，可能读者们已经猜到了，最终的实验结果大跌所有人的眼镜，迈克尔逊的干涉仪自始至终几乎没有观察到条纹的任何移动，干涉条纹就像被定格在了干涉仪里面，不论怎么旋转实验装置，干涉条纹都纹丝不动。本来这个实验计划要做半年，要分别测量地球在近日点和远日点时对干涉条纹的影响，因为地球在近日点和远日点的公转速度不一样。但是实验仅仅做了4天，就停止了，因为实验结果如此确定无疑地表明了光速没有丝毫变化，干涉条纹根本不动，实验值和理论预测值相差十万八千里，这个实验没必要继续做下去了，一定有什么地方不对。

整个物理界一时哗然，大家都明白，要么是理论出了问题，要么是实验出了问题。但牛顿的绝对时空观和以太学说都是看上去如此完美的理论，而且也符合我们的日常生活经验，因此，当时的物理界也和此时的读者你一样不愿意相信是理论出错了，而都倾向于实验本身出了问题，于是冒出来各种各样的解释。有的说是以太会被地球所拖拽，这就是著名的拽引说，一度特别流行；也有的说是长度在运动方向上会发生收缩刚好抵消干涉变化；还有的说是光的速度还会受到光源移动速度的影响等等……总之，各种各样的解释一时风起云涌，这股热潮一直从19世纪延续到了20世纪。但从总体上来说，所有的解释都还是建立在相信牛顿的绝对时空，相信以太的存在，相信伽利略变换的成立基础上的，很少有人站出来质疑理论的根基是不是出了问题。

19世纪最后一天的太阳落下山了，20世纪的曙光照亮了人类写满沧桑的脸庞，人类文明经过五千年的艰难跋涉，即将在新世纪来临的时候迎来一次彻底的洗礼。



## 第四章 爱因斯坦和狭义相对论

1900年，20世纪的第一场雪似乎来得比以往时候更晚一些，这不是一个平静的年份。在中国，孙中山接任了兴中会会长，正式登上政治舞台，以后他成为了中国第一个共和制总统；随后，义和团运动达到高潮，八国联军攻入北京，慈禧太后和光绪皇帝仓皇逃出北京城；而沉睡了900年的敦煌莫高窟也在这一年被首次打开，中华文明史被重新发现；在欧洲，尼采死了，弗洛伊德发表了她的传世名著《梦的解析》，巴黎正在举办世博会和第二届夏季奥运会。这一切，都带着创世纪的味道。

### 两朵乌云

4月27日，此时的英国伦敦，天气还有点阴冷。在阿尔伯马街上的英国皇家研究所门前，人来人往，一位绅士彬彬有礼地扶着贵妇人上了马车，一起赶去听普契尼的歌剧《波希米亚人》。马车驶过后，两位老太太望着马车远去，羡慕地讨论着刚才那个贵妇人的礼帽式样，在两个老太太的身边，一个个穿着考究，表情严肃的绅士们走进了皇家研究所的大门。老太太们不知道，这些绅士都大有来头，全是当时欧洲最有名望的科学家，他们风尘仆仆地从欧洲各国赶来参加科学大会，是科学界的一件大事。

皇家研究所的主席台上，站着一位白发苍苍的老者，此人就是德高望重，而又以顽固著称，已经76岁高龄的开尔文勋爵（Kelvin, 1824-1907）。他用他那特有的爱尔兰口音开始了他的演讲。

"The beauty and clearness of the dynamical theory, which asserts heat and light to be modes of motion, is at present obscured by two clouds. The first came into existence with the undulatory theory of light, and was dealt with by Fresnel and Dr. Thomas Young; it involved the question, how could the earth move through an elastic solid, such as essentially is the luminiferous ether?"

（读者：呃，开洋文，鄙视你！）

各位听我说，说到演讲，马丁路德金的《I have a dream》在励志界是被引用最多的，但是在物理学界，开尔文的这段演讲是被引用最多的，所有关于物理学史的书一定会引用。虽然本书不是一本严谨的物理学史书，只是一本茶余饭后博得一笑的闲书，但我也不能打破行业潜规则，必须也要引用一下的。上面这段话的中文版本就很多了，五花八门，各种译法都有，考虑到我们都是物理学门外汉，所以我尽量用大家都容易理解的口语化的语言给大家翻译一下，至于精确性我不管那么多了，业内人士尽管拍砖。

开尔文演讲道：“在我眼里，我们已经取得的关于运动和力的理论是无比优美而又简洁明晰的，这个理论断言，光和热都不过是运动的某种表现方式（热是分子的运动，光是电磁波的运动）。但是我们却看到，在经典物理学这片蓝天上有两朵小乌云让我们感到有些不安。自从菲涅尔先生和托马斯·杨博士创立了光的波动学说以来，我们一直都在苦苦寻觅一个问题的答案，那就是：我们的地球是如何在以太中航行的，以太这种被我们称之为“弹性固体”的看不见摸不着的物质存在的证据又在哪里？这就是我要说的第一朵乌云。”

毫无疑问，开尔文嘴里的这第一朵乌云就是指的迈克尔逊—莫雷实验不但没有能证明以太的存在，反而貌似恰恰证明了以太的不存在。估计大家还很好奇开尔文所说的第二朵乌云是什么，他所说的是黑体辐射实验的结果和理论不一致带来的困惑，这第二朵乌云牵出的又是一个长长的激动人心的故事，但这个故事不是本书的重点，再次推荐精彩程度远胜本书的曹天元著《上帝掷骰子吗？量子物理史话》，看完那本书你就知道这第二朵乌云意味着什么了。

这第一朵乌云在我们耳朵里面已经隐隐的传来了雷声，很快就要遮云蔽日，掀起狂风大浪了，此时的物理学界，已经是山雨欲来风满楼了。

### 巨星登场

时间终于走到了1905年，这一年后来被人们称为物理学的奇迹年，100年后的2005年被定为“国际物理年”，全球举行了各式各样盛大的纪念活动，就是为了纪念1905年这个特殊的年份，或许人类文明再也不会出现这样的奇迹年了。这一年之所以被称为奇迹年，是因为本书的一号男主角在这一年中连续发表了五篇论文，每篇论文都像一颗耀眼的超新星照亮了世界，改变了物理学的纪元。

下面让我荣幸地介绍我们的一号男主角——阿尔伯特·爱因斯坦先生。虽然在各位的心目中，爱因斯坦的形象早已经固化，乱蓬蓬的头发，满是皱纹的脸，矮小的身材，鹰一样深邃的眼神，在很多人的心目中，爱因斯坦就是一个老头子，这个老头子代表的就是科学。但是，爱因斯坦成为本书一号男主角的时

候，可是一个只有26岁的英俊小伙子，完全不是你头脑中的那个形象。瞧瞧，这就是青年爱因斯坦，当然这张照片看起来像是十五六岁的少年爱因斯坦，不过从这张照片中去想象26岁的青年爱因斯坦的形象总比你头脑中的那个形象会更加准确一点。下面是爱因斯坦应聘本书一号男主角时投递的简历：



姓名：阿尔伯特·爱因斯坦  
性别：男  
国籍：瑞士  
年龄：26  
婚姻：已婚  
职业：专利局三级技术员  
单位：瑞士伯尔尼专利局  
学历：苏黎世联邦工业大学物理专业本科毕业  
爱好：拉小提琴和思维实验  
成就：没有（没结婚就把女朋友的肚子搞大了，不知道这个算不算）

如果这份简历被一个平庸的导演看到，那想也不用想肯定直接扔进垃圾桶，桌上堆积如山的简历最次的也是个博士，教授博导更是多如牛毛，怎么可能轮得上这个不知道从哪里冒出来的，专利局的一个小小的三级技术员呢。然而001毕竟是001（笔者的笔名），从堆积如山的简历中，把这份平庸到极致的简历挑了出来，上面的一句话引起了我的注意“爱好：拉小提琴和思维实验”，我老婆喜欢拉小提琴，而我喜欢做思维实验，这个人居然把我和我老婆的爱好集为一身了，肯定不简单。况且，他居然有勇气来应聘我们的物理史话的一号男主角，这个人要么就是凤姐和芙蓉姐姐的前世，要么就是真正的天才，于是我决定前往瑞士伯尔尼一探究竟。

作为未来人的好处就是我可以看到爱因斯坦，但是他却看不到我，而且他脑中的思考可以直接被我听到，但这个神奇的能力只在回到过去的时候才能拥有，在我的时代，我不具备这个能力，所以各位下次见到我真人的时候不必惊慌，我跟你们一样也是个普通人。而我所说的回到过去，也仅限于我的思维能回到过去，但是并不能跟过去的世界产生任何交流，也无法影响过去的世界，我只是一个全能的观察者（科学原理：假设此时你能突然出现在距离地球100光年外的地方，你拿起天文望远镜朝地球看，你看到的的就是100年前的地球，只要精度足够，你就能看清地球上100年前发生的事情的每一个细节，但是只能看，不能摸）。

爱因斯坦作为一个三级专利员，他的工作主要是审查各种提交过来的发明专利是否具备原创性，是否符合专利申请的标准。最近一段时间，爱因斯坦发现关于远距离对时方面的发明专利申请特别多，这是因为火车得到快速的发展，这个钢铁机器居然比马车跑得还快，并且不知疲倦，只要给它不停地吃煤，它就能不停地跑，你给马不停地吃草只能把马撑死。因为火车跑得太快了，所以就催生了一个新的需求，就是要求能远距离对时。欧洲的各个城市之间都没有统一的时间标准，各个城市都拥有自己的地方时间，过去只有马车的时候，从一个城市到了另外一个城市只需要把自己的钟表根据当地时间调整一下即可，也从来没人觉得会遇到什么麻烦。但是火车出现后，情况可就变了，火车跑得那么快，如果两个城市之间的钟表时间不调到一致的话，那么在同一个铁轨上跑的多辆火车很可能就会撞在一起，因此，对时绝对不是一件小事。

此时，利用电磁波来通信的无线电技术已经逐步趋向成熟，我们前文已经说过电磁波的传播速度是光速，所以利用无线电来实现远距离对时就是一个很靠谱的想法。很多这方面的发明专利开始涌向伯尔尼专利局，因为爱因斯坦是物理专业毕业的，所以这类发明都会交给他来审查。小爱很敬业，也很细致，为了提高自己的业务水平，小爱也跟着要思考电磁波、光速、时间这方面的问题。但是最近小爱有点儿烦，他申请二级专利员的申请书被驳回了，理由是专业能力还不够，这也促成小爱必须多努力思考，提升业务水平。

## 第一个原理：光速不变

专利局的工作结束后，小爱总是不急于回家，而是坐在办公室里，用自己用完的草稿纸卷起一根纸烟，点燃，深吸一口，往椅子上一靠，开始了他的思考：

光为什么传播得那么快？因为它是一种电磁波，电磁波是怎么传播的呢？根据麦克斯韦那组漂亮的方程组可以看出来，因为振荡的磁场必然产生振荡的电场，而振荡的电场又必然产生振荡的磁场，如此循环下去就成了电磁波。那么，我是不是可以这样认为，电磁波的传播速度正是第一个“振荡”引起第二个“振荡”的反应速度呢？嗯，没错，这就好像一队人站成一排报数一样，听到1的人报2，听到2的人报3.....光速其实就是这个报数的传递速度，它和我们常见的小球或者火车的运动速度显然有着很大的不同。火车从这里运动到那里，那就是火车这个实体的位置从这里移动到了那里，但是电磁波，也就是光，它的传播速度其实是“每一个报数的人，他们的反应速度”，真空充当的就是这个报数人的角色，而交替变换的电、磁场就是报出去的这个“数”。

1865年，伟大的麦克斯韦在《电磁场的动力学理论》中证明过，电磁波的传播速度只取决于传播介质。到了1890年，第一个在实验室中发现电磁波的天才赫兹也明确地指出，电磁波的波速与波源的运动速度无关。麦克斯韦的方程组实在是太美了，我深信蕴涵如此深刻数学美的理论一定是正确的。

电磁波的速度和波源的运动速度无关，也就是光速和光源的运动速度无关，让我来想象一下这是什么概念，当我朝平静的湖中扔下一颗石子，不管我是垂直从上空扔下去，还是斜着像打水漂一样地扔过去，这颗石子产生的涟漪都应该以相同的速度在水中扩散出去。

我们可以做这样的思维实验：假设我现在一个人在黑漆漆的宇宙中飞行，虽然我飞得跟光一样快，但是没有任何参照物，我感觉不到自己的速度，就我自己的感觉而言和静止是一样的，这时候如果我身边有一束光，或者一个电磁波，我将看到什么呢？一束和我保持相对静止的光吗？一个静止的电磁波吗？也就是看到一个虽然在振荡的电磁场，但是它却不会交替感应下去吗？哦，不，这显然违背了麦克斯韦的方程组，波的速度和波源的运动速度无关，虽然我在以光速飞行，不论是我自己用发生装置发生一个电磁波还是我飞过发生装置，我看到的电磁波都应该是相同的，因为介质没有变。我将看到一个振荡中的电场能够产生振荡的磁场，而一个振荡中的磁场又能够产生振荡的电场，这个交替反应绝不会停下来。如果再想象一下报数的情况，如果我和这队报数的人都在一节火车车厢中，火车高速行驶，但是我并不能感觉到火车是静止的还是运动着的，我会看到报数人的反应速度提高了吗？这也显然很荒谬，火车跑得再快也应该跟报数人的反应速度无关，我应该仍然看到他们以同样的反应速度传递着1,2,3.....才对啊。

这么说来，光速相对于任何参照系来说，应该都是恒定不变的。哦，我这个想法实在有点疯狂，但是MM实验怎么解释呢？MM实验得出的最直接的结论不就是光速不变吗？为什么我们首先要把这个简单的结论复杂化，想出各种各样的理论和假设来否定光速不变呢？为什么我不先承认这个实验结果是正确的，然后再去考虑怎么解释这个结果呢？

要解释MM实验为什么测量不到以太的存在，无非就是下面两种思路：

第一种思路：

假设一：以太是存在的。

假设二：因为某种原因，无法检测出以太。

结果：我们没有在MM实验中检测到以太。

第二种思路：

假设一：以太是不存在的。

结果：我们没有在MM实验中检测到以太。

根据奥卡姆剃刀原理，第二种思路更有可能接近真相，它需要的假设更少。

想到这里，爱因斯坦手上纸烟的烟灰掉落在地上，瞬间碎成一片，爱因斯坦从沉思中回过神来，对刚才的思考感到满意，他想这个问题已经不止一天两天，他拿起笔在草稿纸上写下一句话：“对于任何参考系来说，在真空中光的传播速度都是C。”写完他马上匆匆收拾东西回家，再不回去，老婆又该冲他发火了。

## 第二个原理：物理规律不变

最近小爱被这些想法搞得有点兴奋，上班也不大有心思，脑子里面都是关于光速的想法。小爱的思考如汹涌的潮水般朝笔者的思维中涌过来，让笔者应接不暇，在所有这些思考中，关于伽利略相对性原理的思考尤为精彩，而且从另外一个思考角度出发，同样得到了光速必须不变的结论，让我们一起来听听小爱的思考：

伽利略相对性原理说的是在任何惯性系中，力学规律保持不变，这一原理简洁而深刻，看起来是如此的优美。但是我想问的是，为什么上帝只偏爱“力学规律”呢？电磁学规律就会变吗？热力学规律就会变

吗？这说不通，上帝一定是一个喜欢简单的老头子，他不想把问题复杂化。

我的想法是，在任何惯性系中，所有的物理规律都不变。对，就应该是不变的，如果在不同的惯性系中，普遍的物理规律是不同的，那么我们会看到什么？天文学家早就测算出来我们居住的地球是以每秒钟30公里的高速绕着太阳公转，对我们地球上的每一个人而言，我们都坐在地球这个大火车中，那么物理规律就应该在不同的空间取向上不同才对，因为地球的运动方向每时每刻都在发生着变化。换句话说，空间会有各向异性，我们做任何物理实验都不能忽略这个空间各向异性了。但是，实际情况是怎样呢，我们从来没有想过做一个赫兹的电磁实验要考虑实验室的朝向吧？如果有人告诉我们实验室的朝向将决定电磁实验的结果，你自己也一定会觉得荒谬。我们对我们这个地球空间哪怕是最小心的观察也没有发现任何物理规律的不等效性，也就是没有发现任何空间各向异性的证据。

MM实验就我看来其实质就是对空间是否各向异性的检测，这是迄今为止对空间各向是否异性的检测精度最高的实验了，但即便是MM实验这样高精度的实验，也没有发现任何空间各向异性的证据，反而恰恰说明了伽利略的相对性原理应该被修正为：在任何惯性系中，所有的物理规律保持不变。

伽利略曾经写过一个生动的故事，说如果我们被关在一艘大船的船舱中，你带上一些小飞虫，在舱内放上一只大碗，里面养上几条鱼，再挂起一个水瓶，让水一滴一滴地滴到下面的一个水罐中。然后你开始观察飞虫的飞行，观察鱼的游动，观察水滴入罐，但是不论你多细心地观察，你也不可能通过观察这些情况来判断船是静止的还是处于匀速直线运动中（这个故事是在我们中学的物理书中被称为萨尔维柯蒂之船）。同样，你所有试图用力学实验的方法来判断船的状态也都是徒劳的，不管你做什么样的力学实验，都不可能判断出船的状态。

我的想法是，不仅是做力学实验不行，你在上面做任何物理实验，不论是光学、电学还是热学实验，你都无法判断出船到底是静止的还是正在做匀速直线运动，上帝不偏爱任何物理规律，在惯性系里面，众生平等。

这就是我爱因斯坦的相对性原理，它比伽利略的相对性原理更简洁、更深刻、更优美，我很难想象它会是错的。

根据这个原理，真空中的光速必定是恒定不变的，如若不然，那么我就可以通过做光速测量实验来判断萨尔维柯蒂之船到底是静止的还是运动的。

小爱想到此节，立即拿出昨天那张稿纸，在昨天写的那句话下面又加上了一句话：“在任何惯性系中，所有的物理规律保持不变。”写完他马上匆匆收拾东西回家了，再不回去，老婆又该冲他发火了。

（读者：“你对老婆发火一事真有情结，你也很怕吗？”作者：“超级怕，理解小爱。”）

这天晚上躺在床上，爱因斯坦失眠了，对妻子的暗示也置若罔闻，他满脑子都是草稿纸上的那两句话。说实在的，小爱觉得物理学中蕴涵的奥秘比身边的妻子更值得迷恋，他心底里有点后悔大学时过于冲动，干了不该干的事情，但是总该对米列娃负责吧，想起自己的婚姻，小爱总是觉得有点无奈。这些东西还是别多想了，草稿纸上的两句话在爱因斯坦的脑袋中一遍遍地显现出来：

一、在任何惯性系中，所有物理规律保持不变。

二、对于任何参考系来说，在真空中的光的传播速度都是一个常数C。

这两句话就像一个魔咒，在小爱的脑中挥之不去。如果说，我的思考是正确的话，这两个假设成立，那么到底意味着什么呢？如果一个人在一列以速度V行驶的火车上，用手电筒打出一束光，那么从站台上的人看来，这束光的速度难道不应该是C+V吗？但如果真的是C+V的话，明显又和我上面写的两句话相抵触，看来我要么放弃简洁优美的相对性原理，要么放弃我头脑中对于速度理解的旧习。如果一只小鸟也在车厢里面以W的速度飞，从站台上的人看来，小鸟的速度显然应该是V+W，对这个观念，现在没有人会否认，但是，凭什么我们对小鸟的结论也硬要安在光的头上呢？我们对光速的认识太浅薄了，相对于光速，不论是小鸟还是火车，都低得可以忽略不计，我们生活在一个速度低得可怜的世界里面，在这个世界里总结出来的规律难道真的也可以适用于高速世界吗？在火车上的人和站台上的人看到的光速都仍然是C，这个结论为什么会让我们感到奇怪，还是我们一相情愿地把我们在低速世界的感受直接往高速世界无限延伸，但其实并没有什么逻辑必然性，我们应该果断地抛弃我们的旧观念，接受新观念？

小爱不再纠结了，他决定断然的接受光速恒定不变这个新观念，以此为基石，继续往下推演，看看到底会得到些什么结论。不论这些结论是多么的光怪陆离，我们至少应该有这个勇气往下想，再奇怪的结论也可以交给那些实验物理学家们用实验去检验真伪。

小爱想起了自己非常崇拜的古希腊数学家欧几里德（希腊文：Ευκλειδης，约公元前330年至前275年）先生，他写的《几何原本》一直是小爱少年时代最钟爱的书，欧几里德从5条公理、5条公设出发，推导出了23个定理，解决了467个命题，这种从基本的几个公理出发，逻辑严密而又无懈可击的推导过程，让少年时期的小爱深深地感受着数学之美。他还记得当自己第一次亲手证明出三角形内角和是180度时候的兴奋，还记得自己苦苦推导两个月，终于亲手证明了毕达哥拉斯定理（勾股定理）时的激动，这些小时候的事情历历在目。那么现在是否可以从几何学的公理思想出发，把光速不变作为一个基本公理，在此基础之上往下推导呢？小爱想着想着，眼皮开始发沉，意识逐渐模糊起来。小爱睡着了，他做了一个梦，这个梦非常精

彩，虽然小爱第二天起床以后把这个梦的情节忘记掉了，证据是在他以后的著作中再也没提到过梦中的情节，但是显然这个梦中的结论他没有忘记，证据是在他以后的著作中以另外一个不同的故事描述了同样的结论。但从笔者的角度来看，小爱这个梦远比他后来自己写下来的故事要精彩得多，下面让我把小爱的这个梦记述下来：

## 环球快车谋杀案

小爱的梦：环球快车谋杀案之犯罪现场调查。

凌晨5点，爱因斯坦卧室。

一阵急促的电话铃声惊醒了熟睡中的爱因斯坦，爱因斯坦从被窝中伸出一只手，拿起了电话，问道：“喂，什么事？”

电话传出的声音：“警长，环球快车上发生枪案，一死一伤，嫌犯受伤，请您速来现场！”

爱因斯坦说：“我马上就到。”

爱因斯坦警长从床上蹦起来，穿衣出门。

天蒙蒙亮，环球快车伯尔尼站，一列银白色的外形酷似鱼雷的火车停在站台上，车身上刷着一行标语：环球快车，一小时环球旅行。

现在，车站四周拉起了警戒线。

一个探员上来迎接爱因斯坦，一起边朝火车走去边跟爱因斯坦介绍案情。

探员说：“警长，我们30分钟前接到一位女士的报案，声称环球快车上发生枪案。我们赶到现场的时候，发现两名男子分别倒在车厢的两头，其中一人头部中弹，当场死亡，另外一人只是手臂中枪，没有生命危险，目前正在列车上的医务室休息，他拒绝回答我们的问题，说一定要见到我们的上司才肯开口。案发当时除了这三个人，该车厢没有其他人。”

爱因斯坦问：“那个报案的女士呢？”

探员：“报案的女士叫艾尔莎，是一位年轻漂亮的小姐，我们赶到时她正在给受伤男子包扎手臂，她声称枪击双方都是自己的朋友，其他的就不肯说了，也是要等您到才肯开口。”

枪案发生所在的列车车厢，三四名探员正在仔细勘察现场。

爱因斯坦看到死亡男子已经被搬离了现场，在他倒地的地方用白色的粉笔勾勒出了一个人形，在车厢的另一头也用白色粉笔勾出了一双白色的脚印，看位置可以想象出案发当时受伤男子坐在地板上，背靠着车厢壁。

爱因斯坦看到在列车的中部走道上，有一盏自制的电灯还在亮着，这盏灯跟普通的电灯没有什么两样，只是上面似乎多加了一个自动延时装置。

探员说：“警长，这盏灯我们刚才已经试过了，在打开开关后，它会延迟5分钟再亮，不知道有什么用意。”

爱因斯坦没有回答探员的话，只是简单地说了声：“走吧，我们去医务室。”

列车医务室，艾尔莎坐在椅子上，表情忧郁。她边上坐着一位英俊的年轻男子，上臂靠肩的位置包扎着纱布，隐隐有血迹浸出来，表情非常镇定。

爱因斯坦在他们对面的椅子上坐下来，对年轻男子说：“我是爱因斯坦警长。”

男子：“我是泡利。”

爱因斯坦：“中枪的男子你认识吗？”

泡利：“认识，他叫狄拉克，我们是情敌。”

爱因斯坦转头看着艾尔莎，报以询问的目光。

艾尔莎忧郁的说：“是这样的，可惜我晚来了一步。”

爱因斯坦：“泡利，这么说，你和狄拉克先生是为了这位小姐在决斗了？”

泡利：“是的，警长，我们在决斗，为了神圣的爱情。”

爱因斯坦问艾尔莎：“泡利先生和狄拉克先生同时爱上你，是这样吗？他们之前提到过决斗这回事吗？”

艾尔莎哭泣了起来：“他们总是在我面前争吵，逼我从他们中选一个，可是我实在不知道该选哪一个。昨天晚上，我看到他们俩留给我的的一封信，说要在环球快车上决斗，让我嫁给胜利的一方。信上有他们的亲笔签名，我看到信以后立即往车站赶，终于在开车前一分钟登上了火车，但我不知道他们在哪节车厢，等我找到他们的时候，一切都已经晚了。”

爱因斯坦：“泡利先生，根据决斗法案，如果你能提供证据，证明你们俩之间的决斗是完全公平和自愿的，你将无罪。”

泡利从上衣口袋中拿出了一份文件，递给爱因斯坦，说：“这份文件是我们俩商定的决斗规则，有我们的亲笔签名，请过目。”

爱因斯坦接过文件，阅读起来。

泡利继续说：“我们的决斗规则是这样，我和狄拉克分别站在车厢的两头，在我们的正中间放一盏灯，这盏灯在按下开关后，会延迟5分钟亮起。我们约定，当我们看到灯亮起的刹那，就可以互相开枪射击。我们站立的位置有脚印，可以证明我们距离灯的位置完全相同。”

爱因斯坦看完文件，想了一下，说：“光速是恒定的，这个规则看起来的确公平，但是必须要有证据证明你确实是在看到灯亮起后才开的枪，否则，你将被以一级谋杀罪指控。”

泡利：“这很容易，我们之所以选择在环球快车上决斗，就是因为环球快车上每节车厢都有全世界最先进的高速影像记录仪，只要调出记录仪的画面记录，就可以证明我是在看到灯亮以后才开的枪。”

一个探员在边上说：“警长，灯的位置我们已经仔细测量过，确实如泡利先生所说，离他们脚印位置的距离完全相等。”

爱因斯坦说：“那么我们现在就一起去列车的影像记录仪室，我们当场查证。”

影像记录仪室。

一位工作人员正在屏幕前调阅影像，他一边操作仪器，一边对众人说：“该仪器目前是世界最先进的影像记录仪，理论上它可以无限放慢画面，甚至连光的运动都能看得一清二楚。找到了，这个时点记录的画面就应该是案发当时的影像，警长你可以操作这个旋钮来前进或者后退画面。”

车厢中泡利和狄拉克两人正站在车厢的两头，手都放在腰间的枪套上，屏幕右下角显示：Time:4:15:20:345:667

爱因斯坦轻轻地转动旋钮，屏幕右下角的数字跳动着。

只见车厢中间的灯泡上的灯丝慢慢地变红，然后渐渐地由红变黄，然后又由黄转白，接着突然整个灯丝被一个黄白色的光球包裹了起来。

爱因斯坦知道此时灯亮了，他继续转动旋钮。

黄白色的光球迅速扩大，就像一个膨胀的气球。

爱因斯坦小心翼翼地转动着旋钮。

光球迅速膨胀开，一下子就把整个车厢都包裹进去，整个车厢都被照亮。

所有人都看得很清楚，光球同时到达泡利和狄拉克所在的位置，到达的时候，双方的手都没有动。



图4-1从车上看到的决斗现场

屏幕右下角的数字在跳动，但是整个车厢就跟定格了一样，等了很久，双方都没有动。

爱因斯坦说：“怎么回事？”

工作人员说：“请加快10000倍，警长！”

爱因斯坦恍然大悟，说：“是的，我怎么忘记了，人的反应在光速面前是多么微不足道。”

屏幕右下角的数字快速跳动起来。

终于，人们看到了两人几乎同时拔枪的画面，但泡利的动作稍稍快了一点点，两束火光从两把枪口冒出来。接着，两人都在倒地上。

隔了一会儿，艾尔莎女士撞开车厢门，冲了进来，当场呆在原地。

爱因斯坦按下停止键，说：“看来，事情都清楚了，泡利和狄拉克先生自愿决斗，决斗规则公平合理，双方也都遵守了规则，这样的话，泡利先生应该是无罪的。但我不是法官，我会把我的意见在法庭上陈述，在此之前，泡利先生必须被限制行动自由。”

爱因斯坦松了一口气，点上一支烟，走出列车，准备收工回家。

突然，他听到背后有人大声喊道：“警长，等一等。”

一位头戴礼帽的中年绅士急匆匆地从远处跑来。

中年绅士还没站定，便大声说道：“警长先生，我是狄拉克的哥哥，我叫玻尔，请您别被无耻的杀人犯蒙骗了，我有证据证明这是泡利精心设计的一场谋杀。”

爱因斯坦问：“您有什么证据？”

玻尔说：“请跟我来警长，我有证据显示给您看。”

爱因斯坦问：“我们去哪里？”

玻尔说：“我的职业是环球快车的监控员，我得知弟弟出事的消息后，就立即赶到了车站。哦上帝，我真难以相信我的眼睛，我可怜的弟弟就这么轻易地被夺去了年轻的生命。泡利说这是一场公平的决斗，我刚开始也误信了，因为我也调阅了车厢里面的影像记录仪的画面，看到了当时的那一幕。从车厢记录仪的画面上来看，他们确实同时看到了灯光，并且都是在看到灯光之后才开的枪。但是我总有一种直觉，事情没有这么简单。我查阅了枪案发生的那个时点，环球快车恰巧通过巴黎站，我于是就去调阅了巴黎站站台上的影像记录仪，那个站台也安装了最先进的影像记录仪。于是，我看到了完全不同的一幕。”

## 环球快车伯尔尼站的监控室

玻尔熟练地操作着各种仪器，很快，画面被定格在了环球快车通过巴黎站的影像，站台上的影像记录仪非常灵敏，从列车的窗户中可以清晰地看到车厢内的影像。

玻尔一边操作一边解说：“警长，请注意，泡利的位置是在车尾方向，狄拉克的位置是在车头方向。看，灯光亮起来了，警长，请注意，此时环球快车正以每小时3万公里的速度行驶着，你看，当黄白色的光球扩散开的时候，泡利是迎着光球的方向运动，而狄拉克刚好相反，他正朝着光球前进的方向运动。警长，我现在定格在这个位置，你看，当泡利与光球相遇的这个时点，光球还没有追上狄拉克。也就是说，泡利先看到了灯亮起，并不是像他所说的同时看到了灯亮起。他是个无耻的杀人犯，他必须为我弟弟的死负责，他欺骗了我们，警长。”

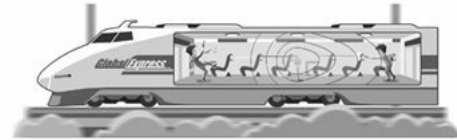


图4-2：从站台上看到的决斗现场

爱因斯坦看着影像记录仪的画面，脑中一片空白，他不敢相信眼前看到的一切。短暂的空白之后，爱因斯坦恢复了神智，他把整个事件在脑子里回放了一下，一字一顿地说：“列车上的仪器记录的是真实画面，没有造假；站台上的仪器记录的也是真实画面，没有造假。从列车上的角度来看，他们俩确实同时看到了灯光，但从站台上的人看来，泡利确实比狄拉克先看到灯光。这一切都是因为光速与光源的运动无关，也就是光速恒定不变造成的。从这件事情上来说，时间也是相对的，对于列车的人和站台上的人来说，没有真正的同时，任何所谓同时发生的事情，都只能是对在同一个惯性系中的人才能成立。”

玻尔说：“警长，站台上仪器记录的画面是确凿无疑的证据，泡利的决斗规则是不公平的，对泡利有利！他应该被指控一级谋杀罪。”

爱因斯坦说：“玻尔先生，我只能把我的观点如实的陈述给法官，至于法庭怎么判断，我无权干涉，您提供的证据非常重要，我非常感谢您。”

说完，爱因斯坦转身离去，玻尔在后面生气地大声吼道：“阿尔伯特，你这个蠢货，你怎么能无视证据的存在，你给我醒醒！你给我醒醒！”

爱因斯坦突然感到很奇怪，玻尔的喊声怎么不见小呢，我在走远，但这喊声怎么越来越大了，爱因斯坦突然感到脸上一阵疼痛，他惊醒了。

他看见米列娃在床边一次又一次打自己的脸，嘴里还叫着：“阿尔伯特，你今天怎么睡过头了，快点，你这个懒猪，该去上班了，要迟到了！”

爱因斯坦一骨碌爬起来，跌跌撞撞着赶紧穿戴好，夹着公文包出门了。

## 同时性的相对性

小爱来到自己的办公室，打开抽屉，昨天那张草稿纸还静静地躺在那里，自己上面写下的两句话赫然在目。他喃喃自语：“光速不变，光速不变到底意味着什么？”他恍惚记得昨天晚上似乎做了一个很精彩的梦，他努力地想要回忆起梦中的情节，但是怎么都想不起来了，只记得梦中的他似乎说过“时间是相对的，没有什么真正的同时”这样的话。他还恍惚记得昨天晚上的梦跟火车有关。为了帮助自己回忆，小爱埋头在那张稿纸上画了一段铁路，又画了一个长方形表示火车，他又想起点儿什么，于是又在火车中间画了一个小人，他感觉就要想起来了，突



然，局长哈勒（根据爱因斯坦全集记载，他也是物理爱好者，后来成了小爱的粉丝）的声音从门口传来：“阿尔伯特，客户来催前两天提交的那个申请了，你审查得怎样了？”小爱吃了一惊，用肚子朝抽屉一顶，迅速合上了抽屉，局长刚好走进来。小爱赶忙说：“这就好了，局长。”

局长走了以后，小爱擦了一把汗，再次悄悄地打开抽屉，可是这次思路被打断后，他怎么也想不起来昨晚的梦了，但是幸好他还没忘记梦中得出的结论——没有什么真正的“同时”，车上的人认为是同时发生的事情，到了站台上的人的眼里，就不再是同时发生的。经过一番思绪整理，小爱想出了另外一个故事，这个故事后来又被小爱郑重地写入了他那本广为流传的著作《相对论浅说》中，下面我们就来看看这个广为人知的故事，但是世人却不知这个故事的背后还有那个环球快车谋杀案的故事。

大家都知道的故事是这样的：

在铁路的路基上，雷电同时击中了相隔很远的A点和B点，如果我问你，这句话有没有意义时，你一定会不假思索地回答我说“有”。但是如果我让你解释一下这句话的准确意义时，你在经过一番思考后会发现这个问题貌似不像原来想象的那么容易回答。你很可能会这么回答我：“这句话的意思本来就很清楚，没有必要加以解释。”但这么回答，显然是无法让我感到满意的。那么我们这么想，如果有一个气象学家宣称他发现某种闪电总是能同时击中A点和B点，这时候总要提出一种实验的方法来验证他所说的对不对吧？对于严谨的物理学家来说，首先要给出一个同时性的定义，然后还得有实验方法能验证该定义是否能被满足，如果这两个条件没有达成的话，那么那个气象学家就是在自欺欺人了。好了，经过一段时间的思考后，你提出了一个检验同时性的方法，你说请把我放到铁路上A,B两点正中间的位置，然后通过一套镜子的组合能让我同时看到A,B两个点，如果闪电发生的时候，我能在同一时刻感觉到闪光，那么这两道闪电必定是同时击中了A,B两点，于是你提出同时性的定义就是一个人能在同一时刻感受到闪电的闪光。我很高兴你能提出这个定义，当然这个定义的前提还得加上你在A,B两点的中点上。

好了，接下去我们考察一下这种情况：有一列火车在路基上开动，此时，突然有两束闪电击中A,B两点。现在，你在A,B两点的中间同时看到了闪光，所以，你会毫不犹豫地认为这两束闪电是同时发生的。但是，如果在闪电发生的那个瞬间，在A,B的中点的火车上也有一个人，火车一直在朝着B点方向运动，因为光速是恒定不变的，所以你站在地面上，会认为B点的闪光比A点的闪光先到达这个人的眼里。于是就出现了这样一种奇怪的结论：你认为这束闪电以路基为参考系时是同时发生的，但是以火车为参考系时，对于火车上那个人来说却是先后发生的。

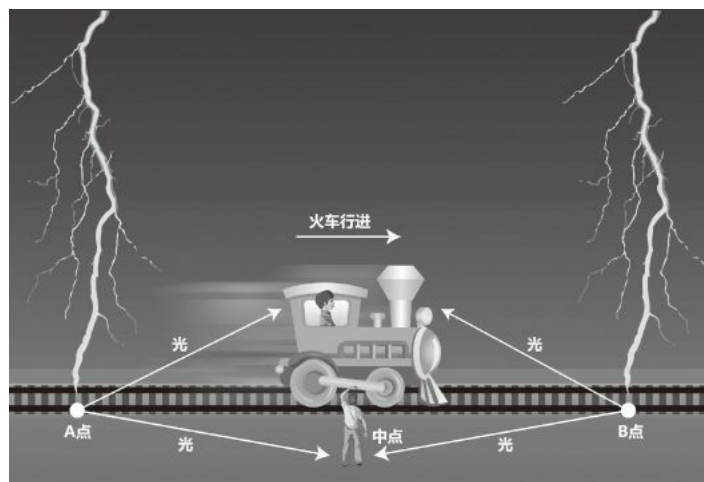


图4-3行驶中的火车上的人会认为闪电并不是同时发生

这是怎么回事呢？这说明了同时性也是相对的，当以路基为参考系时是同时发生的事情，但换成了以火车为参考系时，却不是同时发生的了，反过来也是如此。每一个参考系都有自己的特殊时间，如果不指明参考系，宣称一件事情同时发生是没有任何意义的。这乍听起来似乎很荒谬，在我之前的物理学家一直都在给时间赋予绝对的意义，而我认为这种绝对的意义与我们前面讲的那个最自然的的同时性定义并不相容，如果我们能坦然地抛弃我们对时间的绝对化的概念，则真空中光速恒定不变就会变得可以理解和接受。

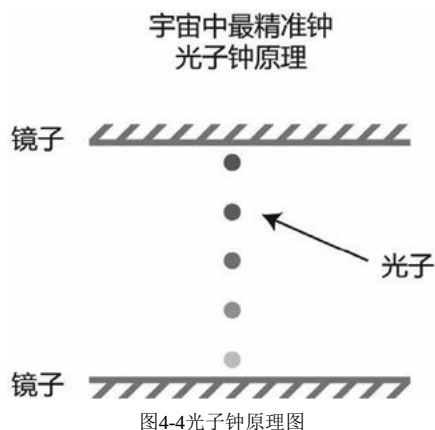
不知道各位读者是否听明白了爱因斯坦关于闪电击中铁轨的这个故事，不管你现在是不是如坠云里雾里，一会儿在想那个环球快车，一会儿又在思考这个闪电的问题，总之爱因斯坦是在告诉我们这样一个概念：只要当你抛弃绝对时间这个概念之后，一切都会变得很好理解。或许你已经对火车感到厌烦了，但请原谅我们的爱因斯坦先生，在他那个时代火车已经是地球上跑得最快的东西了。我们这就举一个现代点的例子让你试图抛弃根深蒂固的绝对时间的想法。

比如说，你坐着一艘飞船以接近光速的速度向宇宙深处飞去，在出发的时候地面上有一束光跟你同时出发。此时，在地面上观看飞船发射的亲人会看到，你和那束光齐头并进，几乎不分前后地朝着宇宙深处进发。而视角切换到你身上，你会看到什么呢？你依然会看到身边这束和你同时发出的光瞬间就远离你而

去，远离你的速度仍然是光速C。如果你对这幅景象仍然百思不得其解的话，那说明，时间的绝对化概念在你的脑子中仍然根深蒂固，牢牢占据着你的思维常识，你刚刚觉得自己有所理解了，可想着想着又想不通了，因为绝对时间的概念又再次回到了你的脑袋中。就像前面这个例子，如果你能意识到你在飞船上感受的时间和你在地面上的亲人感受的时间是不同的，你的一秒钟相当于他们的一小时，你就不难理解为什么你仍然看到那束光瞬间远离你而去，因为你所感觉到的快，就是在1秒钟内，那束光就跑得很远很远了，这就叫快，而对于地面上的人来说，他们看到那束光用了1个小时才拉开和你的距离。我知道，即便是我这样说，依然仍然很难打消你对时间的绝对化概念，下面我将继续用一个直观的思维实验来帮助你理解时间是相对的概念，并且我们将从这个思维实验中亲手推导出流芳千古的“相对论因子”，准备好了吗？这就开始我们的头脑风暴。

## 时间会膨胀

首先我们先想一下什么是“时间”，怎么定义这个词，你很快就会发现这个词很难定义，在我们做了各种试图定义的尝试之后，我们不得不承认，我们总是会陷入到不得不用时间来定义时间的逻辑怪圈。最后我们会发现，借助一个外部衡量工具来描述时间可能是一个避免落入逻辑怪圈的最好方法。比如说一个钟摆，摆动一个来回我们就认为这代表过去了1秒，但是钟摆这种东西不够精确，误差太大，我们不能对这样的外部衡量工具满意。现在，让我们借助强大的思维和光速恒定不变这个原理来构造一个宇宙中最理想、最精确的计时器，我把这个计时器叫做“光子钟”，下面我们看一下这个光子钟长什么样：



这个光子钟的构造非常简单，但是很实用，上下两面镜子相距15厘米，中间有一个光子可以在两面镜子中间来回地反射折腾，我承认这个光子很郁闷，但是为了本书的需要，我们暂且委屈一下这个光子，在跟读者们讲解完之后，我保证会把这个可怜的光子放回大自然中去。光子在两面镜子中间来回弹一次，我们可以想象成“滴答”一声，我们已经知道光速是恒定不变的30万公里 / 秒，那么很容易就计算出，这个“滴答”一下花费的时间是10亿分之一秒，换句话说，“滴答”10亿次就代表时间走过了1秒。现在有了这个强大的光子钟，我们就不需要太纠结于时间的定义了，于是我们达成共识，通过“滴答”的次数来衡量和比较时间这个虚无缥缈的东西。好了，现在你拿上这个光子钟，坐上宇宙飞船，发射，你飞了起来。而我也拿着一个光子钟，站在地面上，看着你的宇宙飞船从我眼前飞过，注意，既然是思维实验，我就想象我拥有神奇的能力，能够看清你手上那个光子钟的情况，现在我把这个情况画出来，你看是不是这样：

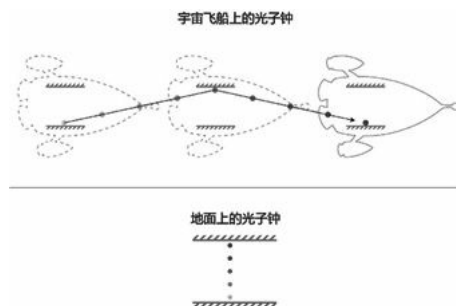


图4-5 地面上的观察者看到的宇宙飞船中的光子飞行路线比地面上的光子要长

请开动你的脑筋，我保证本书中需要你像现在这样动脑子的地方很少，但无论如何这都是最关键的一



次，这次想明白了，后面再遇到类似的图全部都可以轻松跳过了，扫一眼就知道怎么回事。当我手上的光子钟来回折腾时，你的飞船就会从A位置飞到B位置，那么我将会看到你手上那个光子钟里面的光子走过的是一条斜线（上图那根虚线），这是显而易见的，如果光子飞过的路径在我眼里不是斜线的话，光子必定飞到光子钟外面去了。现在我们运用光速恒定不变的原理，因为宇宙飞船上的光子飞行的路线比我手里的光子更长了，那么也就意味着，当我手里的光子钟“滴答”一次的时候，飞船上的光子钟还来不及“滴答”一次呢。换句话说，当我手里的光子钟“滴答”了10亿次的时候，我看到飞船上的光子钟可能只“滴答”了5亿次（打个比方，不要纠结5亿次是怎么算出来的）。根据我们前面已经达成共识的对时间的最自然的定义，我很自然的就得出了这样的结论：在宇宙飞船上，你的时间过得比我慢！

或许你还是觉得不放心，你会想：“你用的是光子钟这种我从来没见过的东西，我还是对我自己的劳力士比较放心一点，虽然是山寨的，但我用着感觉蛮好的。”好吧，那么我们现在就拿你这个劳力士来做实验吧，我们把飞船也换成你更熟悉的火车，这样你就更放心了吧。现在，你左手一只钟（光子钟），右手一只表（山寨劳力士），脖子上还挂着一只大闹钟呀，唧唧唧个喂。火车在做着匀速直线运动，窗户外面黑漆漆的一片，你完全不知道自己是静止的还是运动的，那么你觉得你能用观察光子钟和劳力士或者你胸前的那只大闹钟的走时情况来知道火车是静止的还是开着的吗？根据我们前面已经阐述过的爱因斯坦的相对性原理，在任何惯性系中，普遍的物理规律不变，你不可能靠任何实验的方法来确定自己的运动状态。反过来想，在一间密闭的车厢中，如果你能观察到光子钟和山寨劳力士走时忽而一样、忽而又不一样那才是咄咄怪事呢。

我们在这里谈论的是时间本身变慢了，不是任何机械的或者化学的原因，就是时间本身变慢了，与时间有关的一切都变慢了，用一个很酷很形象的说法——时间膨胀了。还是回到刚才那个宇宙飞船的实验，在地面上的我会看到不光是你的光子钟变慢了，你的动作，你眨眼的速度，你的新陈代谢，你的一切的一切都变慢了，于是，你现在终于开始感到震惊了。趁着你现在精神好，赶紧让我们来计算出，时间变慢的尺度和飞船的速度是什么关系呢？这个计算要用到我们上中学时的定理：

勾股定理 $a^2 + b^2 = c^2$ 是直角三角形的两个直角边和斜边的关系式。

我们把刚才那个你坐宇宙飞船的景象再次画出来：

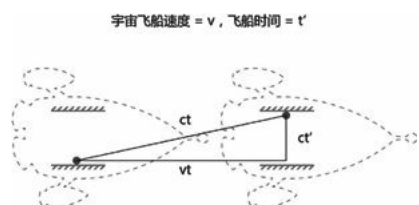


图4-6利用勾股定理可以推导出相对论因子

我在上面画了一些辅助线，并且用一些字母来表示你的时间、我的时间、飞船的速度、光速。注意那个 $t$ 和 $t'$ （有个一撇），我们曾经在本书刚开始没多久见过这个一撇。上面那个三角形的两个直角边分别是 $vt$ 和 $ct'$ 我估计你很容易理解，只是斜边为什么是 $ct$ 大概还一下子没反应过来，没事的，很快就反应过来了，这就是说从我地面上的人来观察的话，光子在我的时间 $t$ 里面走过的距离刚好是那个直角三角形的斜边，光速恒定是 $c$ ，所以走过的距离就是 $ct$ 了。下面我们利用勾股定理写出这样一个等式：

$$(ct')^2 + (vt)^2 = (ct)^2$$

接下去我们用到一点最基础的方程变换的知识，来做点公式变形，我们的目的是要算出飞船上的时间 $t'$ 和地面上的时间 $t$ 之间的关系式：

第一步，先把括号都去掉：

$$c^2 t'^2 + v^2 t^2 = c^2 t^2$$

第二步，两边同时减去 $v^2 t^2$ ：

$$c^2 t'^2 = c^2 t^2 - v^2 t^2$$

第三步，两边同时除以 $c^2$ ：

$$t'^2 = t^2 - \frac{v^2}{c^2} t^2$$

最后一步，整理成最终形式：

$$t' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} t$$

结束。

如果你顺着我上面的步骤一步步下来，毫无阻碍地得到了最终形式，那么请你深吸一口冷气，因为你发现了这个宇宙中最深刻的一个奥秘，这是迄今为止让人类第一次感到深深震撼的等式，这一刻，我们根深蒂固的时间观念崩溃了。

让我们凝视这个等式10秒钟，解读一下它的含义。

当v的速度相比光速很小的时候，比如我们的汽车、火车、飞机甚至宇宙飞船都不及光速的百万分之一，则 $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ 约等于1，这个公式又退回到了我们熟悉的伽利略变换式 $t=t'$ ，但如果我们的速度能达到光

速，则 $t'=0$ ，这代表什么，没人知道，我们姑且认为这代表时间停止了，天哪，这不是克赛吗，人间大炮一级准备，人间大炮二级准备，人间大炮三级准备，人间大炮，放！时——间，停止吧！小时候的回忆真温暖啊。那如果我们的速度能超过光速呢？那我们不得不面临一个负数的平方根，大家知道这叫虚数，那这个虚数用在时间上表示什么？难道这就是传说中的穿越？哦，不，这不代表时光倒流，虚数没有现实意义，事实上我们后面马上就要证明达到或者超过光速都是不被允许的，本书将在第五章跟大家讨论关于时空穿越的可能性，但那也绝不是通过超过光速来实现的。请你有一点耐心，这次奇妙的时空旅程才刚刚开始，还有很多奇景等待我们前去观赏。

现在我们已经掌握了这个时间变换的神奇公式：

$$t' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} t$$

为了让这个公式看起来更加简洁一点，我们把 $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ 这个时间t前面的系数记为 $\gamma$ （读作伽马，不是jiama是gama，我以前总读错，现在不会了），于是我们可以把这个公式写做： $t'=\gamma t$ 这个 $\gamma$ 就是流芳千古的“相对论因子”，也被称为“洛伦兹因子”。你可能奇怪为什么不叫爱因斯坦因子，那是因为荷兰物理学家洛伦兹（Lorentz,1853-1928）首先写出了这个式子，但他没有深刻认识到这个式子的时空含义，可怜的洛伦兹与相对论只有一步之遥，而他的工作却大大启发了爱因斯坦，关于洛伦兹的事情我们后面还要再说，这里先放一放，让我们来继续思考时间变慢意味着什么。

你可能已经在心底欢呼终于找到了长寿的秘诀，因为运动的速度越快，时间就能变得越慢，我们姑且认为这没错，那么让我们来粗略地计算一下，你到底能年轻多少岁呢？先从坐火车开始吧，近似的认为火车的速度是200公里 / 小时，也就是55米 / 秒，相对论因子 $\gamma \approx 0.999999983$ ，什么意思，就是在这列火车上坐了100年以后下来，你下了车，会发现比你的双胞胎兄弟年轻了53.6秒。火车太废材了，你暗骂一声，给我换飞机。好，那我们就换飞机吧，飞机的速度大概是300米 / 秒， $\gamma \approx 0.9999995$ ，就是说你坐飞机100年以后下来，你年轻了26.3分钟。原来飞机也这么废材，你有点怒了，给我换登月飞船。满足你，我把你换到登月飞船上，阿姆斯特朗尽管很不愿意看到你这副嘴脸，但也只能忍气吞声，登月飞船的速度是10500米 / 秒， $\gamma \approx 0.999387312$ ，就是说你在登月飞船上飞100年下来后，你年轻了22.4天。这次你可能真的发火了，什么，登月飞船上飞100年也只能年轻22.4天？这叫什么世道啊。给我快，快，快，再快一点，在你的淫威之下，我发明了速度可以达到0.9c的飞船，现在坐上这艘飞船会发生什么呢？相对论因子达到了0.44，也就是说你的衰老速度差不多只相当于地面上人的一半，你的1年等于他们的2年，这个 $\gamma$ 的神奇之处在于它会随着速度接近光速而迅速减小。

比如我们的速度如果能达到0.99c，则 $\gamma \approx 0.14$ ，也就是你的1年相当于地球人的7年，如果达到了0.99999c，则 $\gamma \approx 0.004$ ，也就是你的1年相当于地球人的250年，我们不用再算下去了，因为我知道你已经禁不住开始狂喜了，哈哈，原来长生不老真的可以实现啊。对不起，我不得不再次粉碎你的这个长生不老梦，我的计算确实没错，如果你坐上了0.99999c的飞船飞了1年回来后，地球确实已经过去了250年之久，但是对于你自己的感受来说，你真真切切的也只活了1年，一秒钟不会多，一秒钟也不会少。如果你的寿命是100年，你一直在飞船上飞，当你回到地球的时候，地球确实确实过去了25000年，但是对于你自己来说，你仍然只能感受到你自己生命中的100年，一天也没有多出来，一天也没有少掉，每天仍然是24小时，1小时仍然是60分钟。只是在走出飞船舱门的那一刹那，你看着地球上的景物，已经隔世，你只不过用自己的人生验证了你向前穿梭了25000年的时间而已，但你仍然已经老去。从我们地球人的眼里来看，其实你也没有比我们潇洒多少，虽然你的1分钟相当于我们的250分钟，可是在我们眼里，你的一切动作全都变慢了，我们吃一个包子1分钟就完了，而在我们眼里，你吃一个包子却要250分钟。我们打一个响指只用1秒钟，而在我们眼里，你却花了250秒钟才慢慢腾腾地把一个响指打完。我们在地球上仰望着飞船中的你，感

慨道：“噢，可怜的人啊，行动得比蜗牛还慢，活着还有什么意思呢？”

关于这个长生不老的话题我们先放一放，尽管你可能还没有彻底死心，因为很可能这是到目前为止本书让你觉得最有用的一个知识，至少看上去比张悟本的方法来得更科学一点。伽利略的相对性原理这把倚天剑已经被爱因斯坦用他的爱因斯坦相对性原理斩为两截了，被我们无情地丢进了垃圾桶，那伽利略变换呢？伽利略变换此时在你的心中显然也已经变得不那么天经地义了，看了前面那些由光速不变推导出来的奇怪结果，你可能已经意识到伽利略变换多半也是站不住脚的。你的想法非常正确，伽利略变换这把屠龙刀也早就保不住武林盟主的地位了，事实上早在1895年，一位叫做洛伦兹（Lorentz,1853-1928）的中年侠士就已经不把伽利略变换这把屠龙刀放在眼里了。

下面，让我来隆重介绍本书最重要的演员之一，来自荷兰的韩德瑞克·安通·洛伦兹（Hendrik Antoon Lorentz,1853-1928）先生。各位观众，还记得你们读中学的时候，老师让你们用手握住一个线圈，然后通过大拇指的方向来判断受力方向吗？大声回答我。对了，很好，你们都还记得“左手定则”“右手定则”吗？什么，你们恨死它了？哦，可以理解，我那个时候也跟你们一样，都快分不清自己的左右手了，电子在磁场中受到的力就是以洛伦兹先生命名的，叫做“洛伦兹力”，什么，我又勾起了你们痛苦的回忆，放轻松，放轻松，我们今天不考试。

洛伦兹在那个年代的物理学界有多出名，有两个事情可以说明，第一件事情，洛伦兹是索尔维会议的定期主席（1911—1927年），一直担任到临终前一年。可能你不知道索尔维会议有多牛逼，那你总知道体育盛会里奥运会最牛，财主盛会里500强财富论坛最牛，物理学家的会议里就是索尔维会议最牛了（当然是在上世纪早期）。无图无真相，现在上图：



图4-7 1927年第五届索尔维会议

这张图片有很多别名，列举一二：物理学全明星梦之队合影、科学史上最珍贵照片、地球上三分之一最具智慧的大脑合影。就跟开尔文那次关于乌云的演讲一样，凡是讲科学史的书，必须要提到索尔维会议，必须要放这张照片，又一行业内潜规则，笔者乳臭未干，刚进入这个圈子，绝对不敢破例。看到没，爱因斯坦居中而坐，与央视版笑傲江湖中张纪中扮演的武林盟主左冷禅有七分相似之处（被你看出来了，美剧、谍战剧、武侠剧，八卦剧、肥皂剧，总之除了主旋律剧，都是笔者的最爱），爱因斯坦的“旁边”（笔者先是打了“右边”，想想对读者用户体验不友好又改为“左边”，想想似乎不严谨再改为“右边”，最后被相对谁三个字搞疯掉了，自己也搞不清该相对谁说了，直接用“旁边”两字，搞定），他就是洛伦兹，洛伦兹的旁边就是居里夫人，其他人的名字我就不多说了，无数个学校的大楼的走廊上、教室里都挂着这些人的头像，这些名字你多多少少都会看着眼熟的（你居然还发现了环球快车谋杀案里面的几个演员，你或许在想，那艾尔莎也应该有来头吧，哈哈，有的，不告诉你）。第二件事情，洛伦兹于1928年2月4日在荷兰的哈勃姆去世，终年75岁。举行葬礼的那天，荷兰全国的电信、电话中止三分钟，全世界的科学大师齐聚荷兰，爱因斯坦在他的墓前致悼词，爱因斯坦念到：

“洛伦兹先生对我产生了最伟大的影响，他是我们这个时代最伟大、最高尚的人。”

看到此处，相信你对洛伦兹的敬仰已经如滔滔江水了，我也一样。洛伦兹是电磁理论方面的大师级人物，麦克斯韦的电磁方程组在洛伦兹眼里美得不可思议，多少次在梦中都惊叹它的简洁、深刻和美。但是，洛伦兹在研究电子的运动时，居然惊讶地发现，伽利略变换和麦克斯韦方程组不可能同时正确。这件事情让洛伦兹非常郁闷，伽利略变换似乎是天经地义的，但是麦克斯韦的方程组更是神圣的，为什么啊，这是为什么啊，既生瑜何生亮。经过一番痛苦的纠结，洛伦兹决定放弃伽利略变换式，麦克斯韦的电磁方程组是神圣不可侵犯的，既然伽利略变换式没法运用到电子的运动上，那什么样的坐标系变换式能呢？洛伦兹用他高超的数学技巧，硬是凑出了一个变换式，如果用这个坐标变换式取代伽利略的变换式就和麦克斯韦的电磁方程组不矛盾了，洛伦兹在1904年正式发表了这个著名的变换公式：

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

这个式子被人们称为“洛伦兹变换”，在这个式子里面我们看到了熟悉的  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  这就是为什么叫做洛伦兹因子的原因。你可能有点被搞糊涂了，我们前面亲手推导出来的  $t'$  和  $t$  之间的关系式好像不是这样的？在这里我要再三提醒我亲爱的读者，你一定要明白坐标变换的概念。所谓坐标变换就是你的参照系（不是你自己运动，是你的参照系）在你面前运动的时候，你所处的坐标在运动前和运动到“某一时刻”时所处的新坐标之间的关系。为什么要研究这个关系？因为这个关系式代表着我们对这个世界中运动和运动之间最本质关系的认识，换句话说，也就是小红眼中的世界和小明眼中的世界到底有什么不同。所以，洛伦兹变换中的  $t$  代表的是“时刻、时点”，而我们之前那个时间和速度的公式中的  $t$  代表的是“时长、时隔”。

洛伦兹可是权威啊，他的这个变换式一经发表，立即引起了强烈的反响，各界纷纷响应，有赞扬的，有拍马屁的，有质疑的，有惊讶的，当然也有大受启发的（比如当时还默默无闻的小爱同志）。下面是一场虚构的新闻发布会，发布会的主角是洛伦兹，他在接受全世界同行们的提问，请注意这场发布会的时间是1904年，相对论还没有发表，人们对MM实验的结果还在争论不休。

问：“洛伦兹先生，我们注意到您这个新的变换式中含有光速这个参数，很让我们费解，为什么参考系的运动引起的坐标变换会跟光速  $c$  相关呢？”

洛伦兹：“因为电和磁也是运动的一种方式，在考虑它们的运动时，就必然会引出光速这个常数来，至于普通物体的运动为什么会跟光速相关我一下子也说不明白，总之普通物体的运动速度相较光速来说都小到可以忽略不计，对最终的结果似乎没有什么影响。”

问：“先生，按照您这个公式，一列火车在运动的时候，如果车头取的坐标是  $x_1$ ，车尾的坐标是  $x_2$ ，火车的长度就是  $x_2 - x_1$ ，根据这个新变换式，我做了一个简单的计算，我发现火车在运动的时候长度居然比静止的时候缩短了，这也有点太不可思议了吧？”

洛伦兹：“根据我的公式，结果确实如你所说，虽然听起来很荒谬，但我认为这是有可能的，而且有实验可以支持这个现象。那就是著名的迈克尔逊—莫雷实验，在这个实验中我们之所以没有发现干涉条纹的变化，正是因为实验设备在随着地球运动的时候，在运动方向上长度会发生收缩，这个效应刚好抵消了光速的变化。而且根据我的公式计算出来的结果和实验的结果也吻合得非常好。”

问：“那您还是认为以太是存在的吗？”

洛伦兹：“那当然，以太是一定存在的，我们总会在实验室里把它揪出来的。”

问：“在您的公式中，我还发现一个神奇的地方，时间  $t'$  跟速度  $v$  和光速  $c$  以及坐标  $x$  都有关系，坦诚地说，这让我们很费解。难道时间的流逝是不均匀的吗？跟速度相关吗？”

洛伦兹：“千万不要那么想，这只是一种数学的辅助手段而已，时间就是时间，那是上帝主宰的东西，别想打时间的主意。”

问：“您仍然支持牛顿的绝对时空观吗？”

洛伦兹：“当然，毫无疑问。”

新闻发布会在各界人士的热烈讨论中结束。

洛伦兹变换式发表的时候洛伦兹先生已经51岁了，年纪一大，人往往就容易失去勇气和丰富的想象力，导致洛伦兹与伟大的相对论失之交臂。历史有时候真是很有戏剧性，虽然洛伦兹先于爱因斯坦写出了流芳千古的公式，但是，虽曰同工实属异曲，洛伦兹看不穿皇帝的新衣，没有大胆地抛弃以太，也没有大胆地突破牛顿的绝对时空观，在回答时间  $t'$  为什么会跟速度相关时，含糊糊糊，连自己都说服不了自己。在洛伦兹的脑子里，绝对时空观是神圣不可侵犯的，他一直到死都没有放弃证实以太的存在。一个不可否认的事实是，近100年以来，物理学上几乎所有重大突破都是科学家们在30岁左右的时候取得的，量子力学更是被戏称为“男孩物理学”，连爱因斯坦这样伟大的天才在他人生中的后30年也没有取得什么重大成就。有一句流传很广的话是这么说的“如果爱因斯坦在他38岁的时候死了，那么今天这个世界不会有什么不同。”各位亲爱的读者，如果你现在正是20来岁的大好青春年华，请接受我对你的羡慕，你很有可能跨入“男孩”们的行列。

## 空间会收缩

我们此时已经把一号男主角爱因斯坦同志冷落好久了，小爱快失去耐心了，迫不及待地要求再次登场。经过前一段对于时间和速度关系的思考，小爱的思想已经越来越成熟。根据两个基本原理，他又能推导出些什么令人惊异的结果呢？好戏还没结束。让我们再次回到瑞士伯尔尼专利局，一探究竟。

仍然是我们已经很熟悉的专利局那间办公室，唯一不同的是有一次小爱在上班时偷偷做计算被局长哈勒发现了，在了解了小爱的研究工作之后，局长哈勒对爱因斯坦那是相当的佩服，特别准许他可以在工作之余安心计算，还时不时地来跟小爱打听又有啥新鲜玩意出炉了。哈勒后来成了小爱最忠实的粉丝，并以此自豪了一辈子。这一天，哈勒又来到小爱的办公室，满怀期待地走到小爱身边。

（以下对话为虚构。）

哈勒说：“小爱啊，最近又有什么新鲜玩意儿告诉我啊？上次你跟我讲的时间会变慢真是让我大开眼界啊，虽然最后对于没法延长生命还是有点小遗憾，不过你的推导真是无懈可击，还有没有了？”

爱因斯坦说：“局长，我发现，不但时间是相对的，空间也是相对的，就跟没有什么绝对的同时一样，也没有什么绝对的大和小、长和短。”

哈勒说：“天哪，这太夸张了，你得给我说说这是怎么回事。”

爱因斯坦说：“这还得从洛伦兹变换说起，去年洛伦兹先生公布了他的洛伦兹变换式，这个您听说了吧？”

哈勒说：“当然听说了，虽然我觉得伽利略变换式被推翻了这事让人有点难以置信，但洛伦兹先生可是大师级的人物，他的结论应该不会错吧？”

爱因斯坦说：“其实从光速不变这个原理出发，我也推导出了洛伦兹变换式，推导过程不难，我给您演算一下，我们只要做这样一个思维实验，让我们测量在两个坐标系内光在同一段时间走过的距离，因为光速不变，他们走过的距离是 $ct$ 和 $ct'$ 。”

爱因斯坦边说边在草稿纸上画了起来，并且熟练地开始演算起来，哈勒因为之前看过爱因斯坦推导时间变慢的过程，所以理解起来并不难，不一会儿，爱因斯坦就推导出了两个和洛伦兹变换一模一样的公式。

（笔者自恋地认为通过前面时间变慢公式的详细推导，各位读者已经对小爱产生了初步的信任，不再关心详细的推导公式了，看数学方程式太受折磨了，不但你们受折磨，我也受折磨，输入个数学公式好麻烦啊，故此处略过详细的推导过程，我们只把结论再打一次。）

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

哈勒说：“这太有趣了，神秘的洛伦兹变换式原来推导起来一点都不难。”

爱因斯坦说：“我们从洛伦兹变换式出发，一起来研究一个关于长度的问题，局长你到现在到一列飞驰的火车上去，火车上有一根铁棍，我们想测量一下在我眼中铁棍的长度和在你眼中铁棍的长度有什么不同，该怎么办？在此之前，我们先来给长度做一个定义，我们只要同时读出铁棍两头在我们各自参考系的坐标，两个坐标相减得到的数值就是铁棍的长度，你对这个定义没有任何异议吧，局长？”

哈勒说：“当然没有异议，这就跟我们拿一把断了一截的尺子去量铁棍是一样的，把一头放在 $a$ 刻度上，另一头的刻度读出来是 $b$ ，那么 $b-a$ 就是铁棍的长度啦。”

爱因斯坦说：“很好，但是火车一旦运动起来，我就没法拿把尺子量了对吧？但好在我们有坐标变换公式，你只要把你读出来的坐标记录下来，然后我们只要知道火车的速度，用公式一变换，就可以求出在我眼中铁棍两头的坐标，完了把两个坐标一减就可以得到长度了。我们现在把火车看做是一个参考系，这个参考系开始运动了，于是我们就要用到坐标变换式来求出运动后的坐标了，假设现在的坐标变换式是伽利略变换，我们很容易就可以得到你我眼中的铁棍长度是一样的结果。就像这样：

$$x'_2 - x'_1 = (x_2 - vt) - (x_1 - vt) = x_2 - x_1$$

我们用 $L$ 和 $L'$ 分别表示长度，于是得到：

$$L' = L$$

但问题是，现在的坐标变换式已经不是伽利略变换了，我们刚刚推导出坐标变换式应该是洛伦兹变换，那就让我们用洛伦兹变换来计算一下运动中的铁棍长度是多少吧：

$$x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{x_1 - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

整理公式，得到：

$$x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

我们用 $L$ 和 $L'$ 表示长度，根据定义，两个坐标相减就是长度，于是进一步整理得到：

$$L' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} L$$

为了看起来更舒服一点，我们把它换成相乘的形式：

$$L = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} L'$$

看，我们的长度变化公式出来了，这里面的 $L$ 就是我眼中铁棍的长度，而 $L'$ 就是你眼里的长度，换句话说， $L$ 就是以地面上的我为参考系的长度，而 $L'$ 就是以火车为参考系时的长度。于是我们又看到了那个神奇的洛伦兹因子 $\gamma$ ，我们把公式进一步简化为： $L = \gamma L'$ ，让我们来解读一下它的含义吧。”

哈勒迫不及待地说：“我理解了，在运动方向上长度缩短了！ $\gamma$ 总是小于1，所以运动的物体在我们眼里会在运动方向上发生长度收缩现象，如果我在火车上，你会看到我变瘦了，但我的高度不会变，洛伦兹先生也得出了这个结果。啊！如果这列火车的速度超过光速怎么办？根号里面变成负数了，会发生什么？”

爱因斯坦说：“谁也不知道会发生什么，负数的平方根也就是虚数，是没有意义的。虽然洛伦兹先生也得到了长度在运动方向上收缩这个结论，但我跟他的解释不一样，洛伦兹先生认为这种长度收缩是由于某种压力效应产生的收缩，他并不是从光速不变这个原理出发的。而我的观点不一样，从我们刚才推导的过程中也可以看出来，其实不需要用铁棍打比方，用任何东西打比方都能得到同样的结果，我的结论是……”

爱因斯坦顿了一下。

哈勒问：“是什么？”

爱因斯坦做了一个神秘的表情，说：“是空间本身收缩了！就跟没有绝对相同的时间一样，也没有绝对相同的空间，牛顿先生再次错了。运动物体的收缩不是任何机械的、化学的、材料的原因，跟任何外力无关，这是我们这个宇宙的物理规律，看似空无一物的空间本身也必须当做一个实体来看待。”

小爱说完上面的话，露出一脸得意的表情朝观众的方向看了一眼，那意思好像在说：“如何？我没有辜负观众的期待吧？”

哈勒说：“太神奇了，小爱，你太给力了。”

爱因斯坦说：“局长，还有一个事情，我不知道当讲不当讲？”

哈勒说：“讲啊，讲啊，有什么不当讲的，还有什么，快说，快说。”

爱因斯坦脸一红，说：“局长，我那个二级专利员的申请，您看，是不是能再考虑考虑？”

哈勒脸上的笑容突然就消失了，板起脸正色道：“爱因斯坦先生，公事就是公事，一切都要按规矩、按流程办事，明白了吗？”

爱因斯坦说：“知道了，局长。”

## 速度合成

各位亲爱的读者，我相信因为前面已经有了一次时间膨胀（时间变慢你也可以理解为时间被拉长了，膨胀这种说法比较酷，很多书都喜欢这么说，我也继续附庸风雅）的神奇经历后，再看到这个空间收缩的结论时，你已经能平静地接受了。那让我们来算一下，看这个空间收缩的效应跟速度的关系到底有多大，没有一些例子我们始终没有一个直观的感受。一辆时速300公里的高铁火车从你身边开过，它的长度会收缩多少呢，一算，大约收缩了 $10^{-13}$ 米，这是多大呢？差不多就是一根针尖的千万分之一大小，人类到目前为止还不具备这样的测量精度呢。但是如果你能坐上一艘速度为0.99999c的宇宙飞船，那收缩效应就可观了，你在地面上的亲人将看到长度缩小了250倍的你和飞船，变成一个很扁很扁的玩具模型了。但是在飞船中的你，却不会有任何感觉，我们所说的收缩是指一个参考系相对于另一个参考系的收缩效应，飞船没有发射的时候，你拿一把尺子丈量出飞船的长度是10米，飞船飞起来后，你用尺子一量还是10米，尽管地面上的亲人看到飞船缩小成玩具模型了，但尺子也同样缩小了，随着宇宙飞船运动的一切物体都缩小了。

我们勤奋的小爱已经通过光速不变这个基本原理推导出了时间膨胀、洛伦兹变换、空间收缩这三个推论，但我们的小爱没有停止他非凡大脑的思考活动，接着又从洛伦兹变换推导出了新的速度合成公式，这个公式可以解决你脑袋中冒出来的若干疑惑，比如第一个疑惑：如果两艘宇宙飞船一艘朝东飞，一艘朝西飞，飞船的速度都达到了0.9c，那么其中一艘飞船上的人看另外一艘飞船，岂不是另一艘飞船在他们眼里的速度可以超过光速c了？第二个疑惑：如果我从一艘速度达到0.9c的飞船上再发射一艘速度为0.9c的飞船

（或者导弹）出去，那地面上看到的第二艘飞船（或者导弹）的速度岂不是应该超过光速c了？之所以还有这样的疑惑，那是因为我们脑海里已经有了牛顿时代建立起来的速度合成公式： $w=u+v$ ，此处的w代表合成后的相对速度，这在你脑海里面仍然是一个天经地义的常识，而且根深蒂固。但是牛顿的经典物理学已经在爱因斯坦的两个原理下面崩溃了，几乎所有的公式都需要修正，都需要考虑光速这个看似不搭界的东西。让我们来看一下小爱推导出的新的速度合成公式是怎样的：

$$w = \frac{u + v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$$

你仔细一看就发现，当uv远小于c时，这个公式就近似等于经典速度合成公式，那让我们用这个新公式来解决一下你上面的两个疑惑：

$$w = \frac{0.9c + 0.9c}{1 + \frac{0.9c \cdot 0.9c}{c^2}} = \frac{1.8c}{1 + 0.81} \approx 0.9944c$$

看，不论你速度多快，两个速度合成最终永远也超不过一个c，哪怕两束光背道而驰，利用这个速度合成公式简单一算，也还是c，其实这都是废话，因为这个公式本身就是在光速不变的基础上推导出来的，自然得到的是c。

到此，爱因斯坦对自己的思考和得出的推论比较满意了，他把抽屉里面演算用过的草稿纸都翻了出来，还好，最关键的几张都还在，没有被卷上烟丝当香烟抽掉（爱因斯坦有把草稿纸当卷烟纸的习惯，以至于他当初演算的众多草稿纸都被卷了香烟烧掉了，从今天的眼光看来，这烧钱烧得可厉害，每张草稿纸都准能在拍卖会上卖个好价钱）。爱因斯坦整理了一下自己的劳动成果：

1. 相对性原理：在任何惯性系里面，普遍的物理规律不变。



2. 光速不变原理：在任何参考系里面，光在真空中的传播速度恒为常数C
3. 同时的相对性
4. 洛伦兹变换
5. 时间膨胀
6. 空间收缩
7. 新的速度合成公式

爱因斯坦把以上这些成果写成了一篇论文，题目叫做《论运动物体的电动力学》，他把这篇论文投给了德国《物理学年鉴》杂志，当时杂志的一个编辑，大物理学家普朗克（Max Planck, 1858-1947），看完这篇论文，知道它的分量，只说了一句话：“牛顿物理学，崩溃了！”这篇论文发表在1905年5月号的《物理学年鉴》上。

各位读者，请特别注意，到此时“相对论”三个字还没有正式出生，更不要说本章的标题“狭义相对论”五个字了，因为本章的故事到这里还没有结束，笔者正是要牢牢抓住你的好奇心，放到最后再来解释为何要加上“狭义”二字。

论文虽然发表了，但是爱因斯坦心中的一个困惑始终还没有解决，总是搞得他茶饭不思，晚上做梦也总在想如果物体的运动速度超过光速会怎么样？从公式上看，会得到一个虚数，但虚数是一个数学概念，到底有没有实际的物理意义呢？爱因斯坦非常纠结，不论他怎么做思维实验，最后一遇到虚数这个数学怪兽，他的推论都会被无情地拍死。

但爱因斯坦终究是爱因斯坦，此时的他已经打通了六脉中的三脉，虽然离最终神功炼成还有10年的时间，但仅凭这三脉神剑也足够杀死这只数学怪兽了，且让我们来看一看爱因斯坦是如何用一招“质速神剑”一剑封喉的。

## 质速神剑

为了能让各位读者更好地理解爱因斯坦这神奇的一招，请让我们一起来回忆一个最基本的物理规律：动量守恒。还记得小时候我们打玻璃弹珠吗？如果你用你的玻璃弹珠把对方的玻璃弹珠打飞一定的距离（往往是需要至少“三拃”的距离，把大拇指和中指尽量伸开，两个指头之间的距离就是“一拃”），你就赢得了那颗打飞的弹珠。每一个打玻璃弹珠的人都会有一个实际的体会，那就是想要把对方的弹珠打得远，那么自己的弹珠越重、打出的速度越快，对方的弹珠就会飞得越远，但这里面还有些特别的技巧要掌握，首先，你要正对着打击对方的弹珠，如果打偏了效果就不好；其次，如果你能打出一个“旋转弹”（这需要很高超的技巧，笔者恰巧是个中高手），则这个弹珠打到对方的弹珠后，会停在原地旋转，而对方的弹珠则会滚得很远。这里面的道理就是动量守恒定律。在一个理想化的状态下，如果你的弹珠的质量是 $m_1$ ，弹珠出手的速度是 $v_1$ ，对方弹珠的质量是 $m_2$ ，对方弹珠被撞后的速度是 $v_2$ ，假设对方弹珠被撞后，你的弹珠停在原地不动，则符合下面的关系式：

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

这就叫动量守恒定律，由这种最基本的动量守恒的公式我们还能得出另外一个含义相同的公式，如果有一个物体的质量是 $m_0$ ，以速度 $v_0$ 运动，在运动途中由于某种原因（比如某个定时断开的机关）突然一分为二，分成两个质量为 $m_1$ 和 $m_2$ 的物体，分开后的速度分别为 $v_1$ 和 $v_2$ ，则它们之间也要符合动量守恒定律，如果用公式写出来就是这样：

$$m_0 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

爱因斯坦把玩着这个公式，突然想到：根据用洛伦兹变换推导出的速度合成公式，两个物体的合成速度不可能无限增大，会随着接近光速而递减，但是为了维持动量守恒，那唯一的可能只能是质量 $m$ 的数值增大，否则动量守恒就无法满足了。爱因斯坦想到了马上就动手，他很快就利用洛伦兹变换和动量守恒定律得到了下面这样一个公式：

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

我们又看到了熟悉的相对论因子，这个公式改写一下就是： $m = \frac{m_0}{\gamma}$

这个公式正是爱因斯坦解决超光速问题的神奇一招“质速神剑”，通常我们也把它叫做“质速关系式”，就

是质量和速度的关系。这个公式中 $m_0$ 表示物体相对于你静止时的质量， $m$ 表示以速度 $v$ 运动后的质量，这次我们的老朋友 $\gamma$ 位于了分母的位置，这就是说物体的速度越大， $\gamma$ 就越小，物体的质量就越大。

牛顿如果地下有知，必定又一次要睁大惊恐的眼睛，暴怒道：“这个世界疯了。”在牛顿力学中，所有的定律都隐含着这样的一个前提，那就是物体的质量是不变的。我们用小球做实验，不管这个小球是在岸上还是在船上，不论是在实验室里还是在山顶上，它的质量是多少就是多少，根本不需要我们去重复地称量。现在，爱因斯坦居然告诉我们物体的质量不是恒定不变的，质量也是相对的，就跟没有什么绝对的快慢，没有什么绝对的长短一样，对不起，也没有什么绝对的质量大小。刘慈欣（本人是标准的磁铁——刘慈欣的粉丝）在他的科幻小说神作《三体》三部曲中，描写了一个外星文明用一个玻璃弹珠大小的物体击毁了另一个外星文明的“太阳”，其中的理论正是这个质速关系式，当“玻璃弹”的速度接近光速的时候，其相对论质量就会变得无比巨大，足以击毁一颗恒星（有兴趣的读者千万记得去读一下《三体》这部神作，笔者认为这是人类历史上，到目前为止，从东方到西方最棒的科幻小说）。

我已经听见了你的嘀咕声：“喂，跑题了，你还没讲清楚为啥爱因斯坦用这个质速关系式杀死了那只数学怪兽，这个公式跟超光速到底有什么关系？”抱歉，一想到《三体》就开始神游宇宙。还记得牛顿第二定律吗？物体的加速度和受到的力成正比，和质量成反比。通俗地讲，就是你要把一个物体推得运动起来，物体质量越大你要用到的力就越大，想想看，质速公式告诉我们，物体的速度越大，则质量就越大，那么要推动它加速的力就必须越大，水涨船高，速度无限接近光速，质量也会逐渐变得无穷大，那么显然要推动它继续加速的力也必须变得无穷大，对不起，无穷大的力是不存在的，谁也不可能创造无穷大的力，你就是把全宇宙的能量都集中起来，那也比无穷大要小。这就证明了没有任何有质量的运动速度能达到光速，达到都不能，别说超过了。那光本身呢？光没有质量，所以它能达到光速，同时也说明了光必须以光速运动的形式存在，只要一停下来，它就不存在了。

## 光速极限

关于超光速的话题还没完，还要解决一些你心中的疑惑。爱因斯坦说的没有物体的运动速度能够超过光速，准确地说，是没有能量和信息的传递速度能超过光速，如果失去了这个前提，那么超光速的“东西”可就多了。比方说，你在地面上插一根棍子，然后用一支手电筒去照这根棍子，然后在棍子后面很远的地方（比如说在阿凡达居住的潘多拉星球上）放一个白板，理论上讲这根棍子的影子就会出现在这个白板上，这时候，你把手电筒轻轻转过一个角度，那么远在潘多拉星球的影子就会迅速地移动，可以想象只要距离足够长，这个移动速度绝对会超过光速。

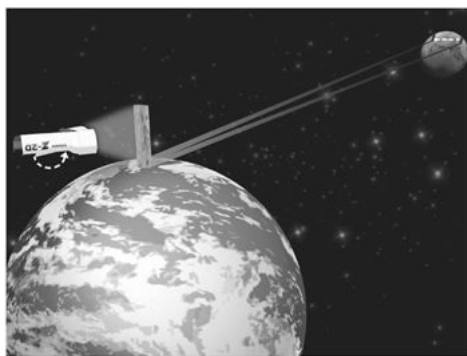


图4-8 移动速度可以超过光速的影子

这个想法有一个很酷的名字，叫做“暗影之疾”，但是这并不违背相对论，因为首先影子并不能储存能量，所以并没有能量的传递。然后我们再来看看通过这个“暗影之疾”能不能传递信息呢？你可能想，如果我在棍子上用刻刀小心地刻一个空心字“喂”，然后由影子组成的这个“喂”在潘多拉星球上不就以超光速在传递吗？我非常佩服你能想到这个点子，但是这个方法真的能让潘多拉星球上的两个人超光速传递信息吗？

好，那么就让我们来设想在潘多拉星球上，男主角杰克站在白板的这头，女主角奈特莉站在白板的那头，现在杰克跟奈特莉在分手的时候约好，如果看到一个3的影子，表示我们3点开始进攻人类的基地，如果看到一个4的影子，表示我们4点开始进攻人类的基地。杰克在前方侦察完敌情，决定4点开始进攻，现在他要把这个信息传递给奈特莉，可麻烦的是，杰克必须先告诉远在地球的我赶紧把4的影子扫过去，杰克跟我之间的信息传递又遇到了光速极限，他告诉奈特莉4点进攻的消息还是无法突破光速极限。失去了能量和信息传递这个前提，要超光速还有更简单的，再比方说，你找一个晴朗的夏夜，站在满天繁星下面，脚尖点地，来个轻巧的360度大旋转，乖乖不得了，整个宇宙都在你的眼中转了一圈，这宇宙的转动速度何止光速，简直就是雷神托尔的速度，简称神速。对不起，你可以认为神速是超光速运动，但也并不违背相对



论，因为没有实际的信息和能量在这个运动中传递。

总之，自从爱因斯坦得出了信息传递无法超过光速之后，有无数的聪明人设计了各种各样的思维实验，经常有人宣称自己成功地设计出了超光速信息传递的方案，可惜除了那种死不认账的自恋狂外，所有的方案都经不起推敲。直到1982年，法国人阿斯派克特（Aspect）领导了一个实验小组，成功地做了一个可能会在历史上成为第二个MM实验的特殊实验，这个实验的名称叫做EPR实验，实验结果把相对论关于光速极限的推论逼到了墙角。特别有趣的是，这个实验正是以爱因斯坦为首的三个科学家（E代表爱因斯坦，P代表波多尔斯基，R代表罗森塔尔）提出的，当时是作为一个思维实验的形式出现的，爱因斯坦他们的目的是为了嘲笑当时出生没多久的量子理论有多荒谬，因为在这个思维实验中，按照量子理论的说法，两个基本粒子居然可以在相隔很远的距离时，在光速都来不及跑完的时间内互相知道对方的旋转状态（基本粒子就是一种比原子还要小一千万倍的某种东西，这个三言两语解释不清，好复杂的，你只要知道是个很小很小很小的东西就是了），爱因斯坦和另外两个科学家嘲笑道：“哈哈，看看，这有多荒谬，量子理论居然发明了超光速的信息传递。”这个思维实验是1935年提出来的，当时的爱因斯坦早已经是物理学界的权威，但是当时的技术条件根本无法实现这个EPR实验。

时光飞转，时隔47年之后，爱因斯坦过世27年之后的1982年，科学家们的实验设备终于达到可以做EPR实验的水平。实验结果出来后震惊全世界，被爱因斯坦称为荒谬的结果居然成了现实，量子理论和相对论的矛盾彻底被激化。EPR实验到底有没有违反相对论引发了从物理学界到民间科学家旷日持久的热烈讨论，关于这个话题我们在第九章中还要详细说。但直到今天（2011年6月12日）为止，人类所发现的所有可能突破光速极限的实验几乎全都是（笔者可不敢说查阅了所有的资料）在亚原子（比原子还小很多很多）的尺度上的，因此，光速极限仍然是我们这个看得见摸得着的宏观世界中最可靠的一条理论。

## 质能奇迹

聊完了超光速，我提醒各位亲爱的读者注意，伟大的时刻就要来了，本章的压轴大戏正式上演。爱因斯坦马上就要写下一个古往今来最出名，最牛，连小学生都知道的，惊天地泣鬼神的传世公式。请屏住呼吸，下面是见证奇迹的时刻。

爱因斯坦现在手上有这么一个质速公式：

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

此外，人们很早就知道一个运动的物体是具有能量的，子弹能把木板打穿，断头台能砍下路易十六的脑袋靠的就是物体的动能，经典物理学对动能的计算公式是：

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

现在，这两个公式到了爱因斯坦手里，他知道经典的动能公式肯定也是需要修正的，于是他开始像搭积木一样把这两个公式搭来搭去。笔者就不写出具体的推导过程了，因为那要用到一些“无穷级数展开”的数学手法，很多读者看到了会头大三圈的。总之我们神奇的爱因斯坦用刘谦似的熟练手法把玩着手里的方程式，很快，奇迹时刻到了，爱因斯坦的草稿纸上出现了下面这个公式：

$$E=mc^2$$

爱因斯坦写出这个公式后（爱因斯坦最早的论文是用L来代表E的，这里笔者有意换了一下），拿笔在这个公式上面画了一个圈，禁不住激动地抬起头来看了我们一眼，说：“刘谦是骗人的，我这是真的。”

这就是今天无人不知、无人不晓、大名鼎鼎的质能公式。我保证这是本书出现的最后一个公式，从现在开始再不会有恼人的公式来刺激你了。

它代表了质量和能量是可以相互转换的，它解开了英国科学家卢瑟福（Rutherford,1871-1937）在前不久发现的神秘的放射性物质为何能发出巨大的能量之谜，也解开了开尔文勋爵（就是前面提到过的那个演讲中用乌云作比喻的老头）冥思苦想也想不通的太阳为何能经久不息地放出如此巨大的能量之谜。

这真是太不可思议了，因为这个 $c^2$ 是个大的不得了的数量，这个数字是90,000,000,000,000,000（米/秒）<sup>2</sup>也就是说1克的物质如果全部转换为能量就可以产生90万亿焦耳的能量，这是多大的一个能量呢？打个比方，假设我能自爆，把我自己70千克的质量全部转换为能量，那么就相当于30多颗氢弹的威力。这太恐怖了，你惊呼一声，周围每个人都随身携带30多颗氢弹啊，以后得躲远一点。不用担心，没人能把自己变成氢弹自爆，即便是威力巨大的原子弹，也仅仅不过能把1%的质量转换为能量而已。如果你对这个结论

是怎么做出来的仍然感到难以理解，我可以这么帮你理解一下，你想想，任何物体在光的眼里看来是不是都在以同样的速度，也就是光速在运动呢？那么相对于光而言，每个物体都是具有庞大动能的子弹也就丝毫不稀奇了，当然这只是便于你理解的一种思考方式，真实的理论并不是从这个角度出发的。

但笔者请你千万要记住的两点是：1. 爱因斯坦并没有参与造原子弹，质能公式也不是造原子弹的理论。2. 即便没有质能公式，原子弹也一样能造出来，只不过原因仍然会很神秘。

这个质能公式是如此的简洁而又不可思议，以至于直到今天，它成了相对论和爱因斯坦的代名词，甚至用它来代表科学，但如果爱因斯坦地下有知，他可能会觉得用这个质能公式来代表相对论似乎不妥，如果用相对论因子 $\gamma$ 的公式来代表相对论他可能马马虎虎还能接受。

在《论运动物体的电动力学》这篇论文发表后不久，爱因斯坦把它最新发现的质速公式和质能公式写了一篇仅仅三页纸的论文，作为上一篇论文的补充，这篇论文题目叫做《物质的惯性同它所含的能量有关吗？》又投给了同一份杂志，马上就被发表。不过，这两篇论文发表后的很长一段时间内，并没有引起什么反响，就好像一粒沙子扔进了一片沙漠，激不起任何涟漪，沙子本身也迅速被埋没在沙海中。那是一个创世纪的时代，每天都在产生大量新的论文、新的思想，物理学的新发现如潮水般涌进人们的眼睛。但毕竟，爱因斯坦扔进去的不是一粒沙子，是一粒金子，迟早要发出耀眼的光，只是爱因斯坦还需要等待。当他的这两篇论文发表后，小爱自己是很有点得意的，他以这两篇论文为理由去申请伯尔尼大学的物理系讲师，结果遭到拒绝，人家根本看不懂。小爱只好退而求其次去申请一个中学物理教师的职务，仍然遭到了拒绝，那真叫一个悲愤（悲伤加愤怒）。其实爱因斯坦并不孤独，法国大数学家庞加莱（Poincaré, 1854-1912，提出著名的庞加莱猜想的那位）几乎同时与爱因斯坦有了同样的想法，而且只比爱因斯坦晚了几个星期写出了和爱因斯坦几乎一模一样的公式，但与爱因斯坦不同的是他用的是纯数学的思想来构建，并没有思考太多实际的物理意义。因此庞加莱一看到爱因斯坦的论文就大有英雄所见略同的感觉，但庞加莱非常谦虚，他一面义务帮爱因斯坦宣传他的理论，一面不断地告诉人们是爱因斯坦第一个发现了相对论。

这两篇论文实际上是一个有机的整体，在慢慢被物理学界认识的过程中，其他物理学家在未经爱因斯坦本人许可的前提下，谈论时都不约而同地使用了“相对论”三个字，因为两篇论文中出现的“相对”二字实在太多了，从相对性原理，到时间相对、空间相对、质量相对等等，时间一长，尽管爱因斯坦本人很不喜欢相对论这个词，但也无可奈何，只好随大流跟着叫相对论了。不过爱因斯坦很快就开始不满足起来了，为什么呢？请大家注意一下，爱因斯坦的相对性原理前半句是什么：在任何惯性系里面。惯性系也就是匀速直线运动，而后面所有的公式中的 $V$ 指的全都是匀速直线运动。但问题是，我们的生活中真的有惯性系存在吗？船在海浪中颠簸，火车要加速减速，孩子们的嬉戏打闹，扔出去的小球也是个抛物线，即便是我们前面一直当惯性系的地球本身，也是在绕着太阳做圆周运动，真正的惯性系几乎找不到，而放眼宇宙，是非惯性系主宰了我们的世界。爱因斯坦那是相当的不满，因此，对于别人把他的理论叫做相对论，他勉强也就接受了，但他坚持要在相对论前面加上一个定语，德文和英文的本意是“特殊相对论”（Special Relativity），中文就用了一个很高深的故弄玄虚的词“狭义相对论”，与之对应的就是爱因斯坦潜心研究10年后发表的“广义相对论”，英文是General Relativity（普遍相对论）。

## 四个疯狂的问题

写到这里，本章的内容即将结束。如果你此时的感觉是狭义相对论原来也并不难懂嘛，我基本上都看明白了，那是笔者莫大的荣幸；如果你此时的感觉仍然是不明所以，一头雾水，那也一定不是你的问题，是我的问题。但是，我想问前一类读者，你真的明白了吗？抱歉，我马上要给你一点小小的打击了，你以为你全都明白了，其实你什么都没真正明白，让我来问你几个问题，你思考一下：

第一个问题：

想象一下，爱因斯坦和哈勒各自驾驶着一艘同一型号的宇宙飞船在黑漆漆的太空相遇。在爱因斯坦的眼中，哈勒的飞船先开始是一个小亮点，然后越来越大，最后以高速从他身边飞过，一转眼就不见了。爱因斯坦心里想，根据狭义相对论的时间膨胀和空间收缩效应，哈勒的时间过得比我慢，哈勒的飞船相对我的飞船缩小了。但是，让我们跑到哈勒那里，在刚才那起相遇事件中，哈勒看到爱因斯坦的飞船先开始是一个小亮点，然后越来越大，最后以高速从他身边飞过，一转眼就不见了。哈勒心里也在想，根据狭义相对论的时间膨胀和空间收缩效应，爱因斯坦的时间过得比我慢，爱因斯坦的飞船相对我的飞船缩小了。亲爱的读者，请问，他们到底谁比谁的时间变慢了？谁比谁的飞船缩小了？

第二个问题：

想象一下，你即将坐上一艘亚光速飞船告别地球上的双胞胎弟弟去太空旅行，当你弟弟看到你的飞船瞬间冲上云霄，一下子就飞得不见踪影时，他在心里面想，等哥哥回来的时候，我就比他老了，哥哥会比我显得更年轻。可是，你在飞船上可不一定这么想，在你的感觉来说，你觉得是地球载着你的弟弟突然飞离你而去了，你越想越觉得有道理，不一会儿，你就感慨到：“等我再见到弟弟的时候，我就更老了。”亲爱的读者，你觉得你们见面的时候，到底是变得更年轻了呢还是变得更老了？（双生子佯谬）

第三个问题：

洛伦兹开着一辆亚光速飞车正在平坦的北极冰面上飞驰，他越开越快，真是爽极了，突然，车载雷达显示，前方有冰面出现了一个裂缝，裂缝的宽度刚好和飞车一样宽，情况十分紧急，到底要不要刹车？洛伦兹突然想到，啊哈，那个裂缝正相对我做着高速运动，它会在运动方向上收缩，于是会小于我的车长，我应该能顺利地冲过去，这么一想，洛伦兹心里一宽，反而踩下了油门加快速度。可是马上就要到裂缝时，一个念头冒出来，他突然吓呆了，如果裂缝里面有一个人，从他的眼里看来，我正在飞速朝他运动，我的车子在运动方向上会收缩，我很容易就一头跌入冰缝，天哪，得赶紧刹车，可是此时已经来不及了。亲爱的读者，请问倒霉的洛伦兹先生到底有没有掉入那个冰缝中呢？（长棍佯谬）

第四个问题：

庞加莱先生正指挥着一艘潜水艇在大西洋中游弋，海里的美景真是美不胜收，看上去比数学要有趣得多，突然，一阵凄厉的警报声把庞加莱的思绪拉回现实。中士慌慌张张地跑来报告说一个不明物体击中了潜水艇，撞坏了深度控制箱，潜水艇正在下沉，情况危急。庞加莱不愧是久经考验的大师级人物，临危不乱，他想到，只要我加快潜水艇前进速度，那么对面的海水就会相对我做高速运动，根据狭义相对论的质速公式，海水的质量会增加，那么密度就会增加，浮力就会增大，我们的潜水艇就能顺利上浮了。当庞加莱正要发出以亚光速加速前进的指令时，他突然又想，哎呦不对，我一加速，在海水看来，我的潜水艇的质量增大，我岂不是下沉得更快，庞加莱也无法保持镇定了，看着全体艇员焦灼的目光，大颗汗水从脸上掉下。亲爱的读者，请问可怜的庞加莱先生到底该不该下达加速前进的命令？（潜水艇佯谬）

问题问完了。

请原谅我，你本来已经清楚的头脑，突然一下子又坠入深渊，你忍不住火冒三丈，这该死的相对论到底该相对谁啊！

请息怒，我亲爱的读者，你一点都不需要感到郁闷，这些问题不但困扰你，同样也曾经困扰着比我们聪明十倍的大科学家们，那个双胞胎到底孰老孰少的问题也曾经引发过全世界范围的大讨论。

要搞清这些问题，不是我三言两语就能说得清的，请你系好安全带，我们的旅程才刚刚过半，更刺激、更惊险、更不可思议的故事和风景还在前面等着我们。犹豫什么，这就跟我出发吧！

## 第五章 广义相对论的宇宙

从狭义（special）到广义（general）是文字上的一小步，却是人类对宇宙认识的一大步，其意义绝不亚于阿姆斯特朗在月球上跨出的那一步。这一步，爱因斯坦整整跨了10年，当他在1915年最终完成广义相对论的所有内容后，爱因斯坦自己写道：“让我好好休息一阵子，我实在是太累了。”我们是该让爱因斯坦好好休息一下了，如果说狭义相对论是他集各门各派武功之大成的话，那么广义相对论则是爱因斯坦傲视天下的独门秘笈，他是当之无愧的孤胆英雄。

### 爱因斯坦的不满

当时狭义相对论的思想并不是爱因斯坦独有的，我们前面提到过洛伦兹和相对论只有一步之遥，而法国数学家庞加莱也几乎是独立地写出了相对论的公式，此外还有爱因斯坦的大学导师，德国数学家闵可夫斯基也都有了相对论的初步思想。可以说，狭义相对论在整个物理界已经呼之欲出，即使没有爱因斯坦，也不会超过5年，一定会有别的“斯坦”发表相对论。但广义相对论就不同了，它几乎是爱因斯坦一个人潜心修炼的成果，如果没有爱因斯坦，我们可能今天还在等待这个理论（这句话可不是我一个人的观点哦，著名的英国科学家、小说家C.P. 斯诺——不是那个去过延安的斯诺——就是持这个观点），在一本美国人写的科学史书中，广义相对论被评价为“这无疑是人类历史上最高的智力成就”。你有点迫不及待地想知道了吧，这事还得从头说起，不是一句话能搞定的。

我们的故事要从……（读者：不会吧，又要讲400年的历史？？）要从1905年开始讲起（读者：还好，吓死我了！），让我们再次回到瑞士的伯尔尼，还是那家专利局，故事的主角自然还是爱因斯坦，故事的配角仍然是我们的局长大人哈勒先生。话说爱因斯坦申请二级专利员被驳回后一直对局长有些耿耿于怀，他有些不服气，自己还刚刚在今年4月修完了苏黎世大学的博士课程（相当于现在的在职研究生），并且通过一篇流芳百世的超给力论文《分子大小的新测定法》顺利取得了博士学位（这篇论文是奇迹年5篇论文中的第二篇，据后人统计，爱因斯坦一生的所有论文中，这篇论文被引用得最多）。现在好嘛，我申请你这么个小小的二级专利员都不给批，太不给面子了吧，此处不留爷自有留爷处。爱因斯坦因此去申请伯尔尼大学的物理系讲师，准备跳槽，结果被拒绝了（此后他坚持不懈地申请了三年，直到1908年终于获得了一个兼职讲师的职位，可以捞点外块了），既然大学讲师当不成，爱因斯坦就再去申请一所中学的教师，结果很不幸的又被拒绝了，只好回到专利局继续干起了三级专利员的工作。

这一天，哈勒又走进了爱因斯坦的办公室，笑嘻嘻地对爱因斯坦说：“小爱啊，最近怎么样？又有什么新想法了没？”  
爱因斯坦说：“最近很不好，很多事我想不通。”  
哈勒说：“耐心点嘛，小爱，明年，明年一定提拔你。”  
爱因斯坦说：“我想不通的不光是这件事情。”  
哈勒说：“还有什么事？”  
爱因斯坦突然意识到自己说漏了嘴，自己准备申请伯尔尼大学讲师的事情怎么能让局长知道呢，得赶紧想办法绕开去，爱因斯坦急中生智，说道：“惯性系！因为惯性系！”  
哈勒说：“什么意思？”  
爱因斯坦说：“我前不久告诉你的相对性原理你还记得不？”  
哈勒说：“记得啊，不就是在任何惯性系中，所有的物理规律保持不变吗？我觉得很深刻，很伟大啊，这又怎么了？”  
爱因斯坦说：“所有的物理规律为什么只在惯性系中才维持不变？可是我们的生活中根本不存在真正的惯性系，所有的运动没有一个是理想中的匀速直线运动，你能给我举出一个真正的惯性参考系的例子吗？”  
哈勒想了想，说：“我们就用大地做参考系，这总是惯性系了吧？”  
爱因斯坦说：“显然不是，别忘了我们的地球是以10.8万公里的时速绕着太阳做着圆周运动的，每个中学生都知道匀速圆周运动是一种加速运动，产生加速度的力就是太阳对地球的引力，速度是有方向的，哪怕速度的绝对值不变，只要方向在不停地变化，就是一种加速运动，所以，我们的大地根本就不是惯性系。”  
哈勒恍然大悟似的说：“想想还真是这样，我们身边一个惯性系也找不到。”  
爱因斯坦说：“惯性系实在是太特殊了，上帝这个老头子不应该这么偏爱根本不存在的惯性系嘛。我们在惯性系中总结出来的所有公式其实都是垃圾，有什么用呢，根本不能解决实际问题嘛，最多只能求出一些近似值而已，你如果想求出点精确值，马上就会遇到加速度这头怪兽。”  
哈勒说：“那我们干脆就不加惯性系了，直接说在任何参考系里面物理规律不变，一了百了，哈哈哈。”  
爱因斯坦说：“哈你个头啊哈，你说得倒是轻巧，可怎么个不变法呢？比如你坐在电梯里面，电梯加速上升的时候，你抛起一个小球，这个小球的落地时间就会跟电梯匀速上升时不一样。显然，在这个参考系里面，物理规律变了。”  
哈勒说：“我只是随便说说，随便说说，你别认真嘛。”  
爱因斯坦说：“但从内心深处来说，我又认为你说的是对的，物理世界应该是民主平等的，各种参考系都应当众生平等，惯性系不应该在这个世界上具有特权，凭什么惯性系的地位就那么特殊呢？”  
哈勒见今天问不出什么新鲜玩意，也就走了。

在此后差不多两年的时间里，爱因斯坦都被这个问题折磨得寝食难安，到了第二年，也就是1906年，

哈勒局长果然没有食言，把爱因斯坦升为了二级专利技术员，薪水福利都涨了。又只过了一年，到了1907年，哈勒局长不知道哪根筋搭错，又给爱因斯坦升职了，这次升为专利局一级专利员，同时爱因斯坦还拥有更宽敞的办公室和更舒适的椅子，这下爱因斯坦的心情好多了。虽然看起来伟大的灵感往往来自于一些偶然发生的小事，但其实偶然中蕴涵着必然。某些书里说一只苹果砸到了牛顿的头上让他得到了万有引力定律，虽然这种故事的真实性经不起推敲，但确实让人觉得浪漫、很神往。有些书里说有一次爱因斯坦看到一个工人从房顶上摔下来，让他灵光闪现解决了困扰两年的疑惑，这个故事不但不浪漫也经不起推敲。爱因斯坦自己说过当他想到那个绝妙的点子的时候，他是坐在椅子上的。笔者知道当时的情况是这样的（其实也是笔者意淫的）：爱因斯坦抽完午后一支烟，舒服地半躺在椅子上，不知不觉就进入了梦乡，他做了一个噩梦，当他从噩梦中惊醒的时候，万万没有想到，这个噩梦却造就了他“一生中最快乐的想法（爱因斯坦原话）”。

## 生死重量

爱因斯坦的第二个梦：生死重量！  
逐渐模糊的视线，画面渐渐黑下去。  
突然。  
画外音：“警长，警长，快醒醒！”  
画面一阵摇晃，渐渐亮起。  
爱因斯坦睁开眼睛，看见很多探员围在他的周围。  
“出什么事了？”爱因斯坦问。  
探员罗森说：“出大事了，云霄电梯发现一枚定时炸弹，拆弹组已经赶去，目前尚不知是何人所为，有何目的。”  
爱因斯坦问：“还剩多少时间？”  
罗森说：“不到24小时。”  
爱因斯坦说：“我们走！”  
一座酷似埃菲尔铁塔的建筑物耸立在眼前，唯一不同的是一眼望不到顶，只能看到直插入云霄的塔身。塔基处挂着一行大字：云霄电梯，让你重新发现世界。  
罗森说：“这是本月刚刚落成的全世界最高的观光电梯，高度达到2万米，电梯往返一趟最短用时仅需30分钟，可以同时容纳100人左右。我前两天曾经上去过一次，真是让人震撼。天气好的时候，感觉可以把整个欧洲尽收眼底，天气不好的时候，可以看到一望无际的云海包围着大地，云海里面透出阵阵闪电，如入仙境。”  
两人穿过警戒线。  
罗森继续说：“据初步判断，炸弹威力可能极大，方圆1公里内已经开始疏散。”  
爱因斯坦问：“炸弹是怎么被发现的？”  
罗森说：“今天早上维修工人对电梯做运行前的例行检查时，在电梯底部发现了这颗炸弹，吸附在电梯的底盘上，上面有一个倒计时显示器，显示为23小时20分钟32秒，他们当即报了警。”  
爱因斯坦问：“你们初步估计是何人所为？目的是什么？”  
罗森说：“我们的初步判断是某个极端环保主义组织所为，环保组织一直反对云霄电梯这个工程浩大的项目，但目前还没接到任何组织或个人声称对此事负责。”  
两人走到电梯跟前，通过一个楼梯下去，进入一个检修通道，在这里，抬头就能看见那颗炸弹，炸弹边上站着两位专家，其中一个正拿着一种仪器仔细地检查，另一个在拍照。  
爱因斯坦抬头朝炸弹看过去，首先映入眼帘的是那个非常显眼的倒计时屏：  

22:35:48

  
计时屏非常准确地一秒钟跳动一下。  
炸弹比普通人的手掌大不了多少，呈椭圆形，金属银白色，非常光亮，人影都能照得出。爱因斯坦问其中一位正在用仪器扫描的专家：“我是爱因斯坦警长，有什么新发现？”  
那人说：“你好，警长，我叫普朗克，国土安全局的首席爆破专家。这枚炸弹很复杂，是高手制作的。”  
爱因斯坦说：“爆炸威力能准确地预计吗？”  
普朗克说：“这枚炸弹用的是目前威力最大的C4炸药，虽然我现在还不能准确算出杀伤半径，但要把整座电梯塔炸塌是肯定没问题的。”  
爱因斯坦说：“有可能拆除吗？”  
普朗克说：“没有把握，这个炸弹用的防拆装置是一个精密的重力感应器，只要感应到重力的变化超过一个阈值，炸弹就会立即爆炸。炸弹是用一种特殊的胶水粘在底盘上的，如果我们想要把它和底盘分离，就必须切割，切割过程引起的震动肯定会让重力感应器超过阈值。”  
爱因斯坦问：“那能不能把整个电梯拆下来，搬离现场？”  
普朗克说：“我刚刚咨询过电梯制造商，这种电梯想要拆除，最快也需要花48小时，时间肯定来不及，而且也不能保证在拆除的过程中所引起的震动在安全范围内。”  
爱因斯坦说：“看来，我们遇到麻烦了。”  
两小时后，国土安全局总部大楼。  
会议室里面坐满了人，每个人都表情严肃，一言不发，国土安全局的开尔文局长居中而坐，爱因斯坦坐在他的旁边。  
开尔文说：“今天召集大家过来，是因为我们正面临一场严重的危机，需要各方拿出解决办法来。我们请负责这个案件的爱因斯坦警长做一个情况简报。”  
爱因斯坦站起来，说：“各位，事情是这样，今天早上我们在云霄电梯的底盘上发现一枚威力超强的定时炸弹，一旦爆炸，不但威力会波及1公里范围内的所有建筑物，最重要的是，爆炸威力足以把云霄电梯炸塌。这么一个庞然大物如果倒塌，后果不用我多解释，绝对是个大灾难。忘了说了，现在离爆炸还有……”爱因斯坦看了看表，说，“还有20小时。关于炸弹的情况，我们请安全局的首席爆破专家普朗克先生介绍一下。”  
普朗克说：“这枚炸弹里面安装了一个非常精密的重力感应装置，只要发现重力稍有变化，立即会爆炸。目前我们还在想办法拆除它，但是情况不容乐观，我们必须做好无法在爆炸前拆除的准备。”  
开尔文说：“情况大家都了解了，请各抒己见，拿出办法来。”  
消防局长说：“我的意见是，让电梯开上去，万一拆不掉，就直接让它在顶上炸了，这样受损的范围有限。”  
爱因斯坦在心里暗骂一声文盲，说：“电梯离地面越高，重力就越小，您不会连牛顿的万有引力定律都不知道吧？在上升的过程中，重力

感应器就会感应到重力的变化，炸弹会立即爆炸。”

消防局长脸一红，不说话了。

建设局长说：“那么，我们是不是可以在电梯上升的过程中慢慢地加重炸弹的重量，比如，把吸铁石一小块一小块地吸附上去。”

爱因斯坦说：“没用，注意，重力感应器感应的是自身重力的变化，并不是整个炸弹的重量，往炸弹上加东西，根本不会改变重力感应器自身感受到的重力。”

普朗克说：“我补充一下，其实，根本不用等到电梯升到半空，电梯一启动，炸弹就爆炸了，因为电梯启动的时候必然会产生一个加速度，这个加速度会让重力感应器感受到一个如同重力增加的力，我们坐过电梯的人都知道，当电梯刚往上升的时候，我们会感觉自己变重了，就是这个道理。”

本来安静的会议室现在开始出现了一些骚动，大家纷纷交头接耳，但一时谁也拿不出好主意。

爱因斯坦低着头在沉思，突然他抬起头，脸上闪过一丝喜色，站起来，大声说：“大家安静，请听我说，我想到一个办法。”

会场上突然安静下来。

爱因斯坦说：“刚才普朗克先生启发了我，电梯的加速度会产生如同重力的效应，而电梯升得越高，则重力越小。请大家想一想，如果我们能精确地控制电梯的加速度，则刚好可以把重力降低的效应完全抵消，这样我们就能把电梯安全地升到顶端，然后引爆炸弹，这样我们就可以保住整座云霄电梯塔了。”

开尔文说：“爱因斯坦警长的这个方案从理论上来说可行，不过，请云霄电梯的制造商方面出来回答一下是否有可能精确控制电梯的加速度。”

一位谢项的中年人站起来说：“我是云顶电梯公司的总工程师爱丁顿，从理论上来说，云霄电梯具备任意加速度的能力，但控制系统需要加一个控制模块，当初设计的时候没有考虑到需要如此精细的控制。”

开尔文问：“制造这个控制模块需要多久？”

爱丁顿看了看手表，想了一下说：“如果现在马上动手的话，应该能赶在爆炸前半小时左右完成，时间还来得及，不过……”

爱丁顿迟疑了一下。

开尔文说：“有话就直说，爱丁顿先生。”

爱丁顿说：“因为考虑到摩擦力和空气阻力的变化，电机必须不停地调节输出功率。但在这么短的时间内，恐怕无法做出自动控制模块，必须，必须手动控制。也就是说，必须要有一个人在电梯内手动微调参数，直到电梯升顶。不知道我是否说明白了，开尔文先生。”

开尔文瞬间明白了爱丁顿的意思，不愧是久经沙场的老将，开尔文冷静地说：“请你立即动手去制作控制模块，剩下的事情交给我们，谢谢你，爱丁顿先生。”

爱丁顿说了声是，立即三步并作两步离开了会场。

此时，整个会场鸦雀无声，所有人都明白了爱丁顿的意思。

开尔文环视全场，镇定地说：“我想大家应该已经明白了，电梯只能在加速状态下才能维持重力不变，一旦升顶后开始减速，就会立即引爆炸弹。”

会场安静得可以听见一根针落地的声音。

开尔文说：“我已经一把老骨头了，对这个世界也没有什么留恋了，让我对这个国家的国土安全再尽最后一次责任吧。”

安静，死一般的安静。

开尔文缓缓地站起来，稳稳地一步一步走出门外。

云霄电梯检修通道。

倒计时鲜红的数字：00:26:23

每跳动一下仿佛都是死神的敲门声。

云霄电梯中，爱丁顿在电梯控制面板上忙碌着，随后小心地合上面板，旋紧螺丝，面板上露出一个圆形的旋钮。爱丁顿抬起头来，面色凝重地看着开尔文，郑重地把一个手掌大小的仪表交给开尔文。

仪表上面什么按键都没有，只显示了一行醒目的数字：9.80665

爱丁顿说：“尊敬的开尔文先生，再多的语言无法表达此刻我对您的感激，这是重力常数测定仪，请您注意看仪表上的数字，如果数字增大，说明电梯加速度过大，请把旋钮逆时针转动减小输出功率。反之请顺时针旋转增大输出功率。请注意，数字必须维持在9.81和9.79之间。”

开尔文说：“相当明白了。启动电梯吧，时间不多了。”

爱丁顿庄重地朝开尔文鞠了一躬，缓缓退出电梯，此时，电梯外所有人都注视着开尔文，就像看着一个英雄。开尔文回敬了一个注目礼，沉着地说：“启动电梯。”

突然，一个人影冲进电梯，迅速抢过开尔文手里的仪表，并把开尔文往外一推，拉下扳手，开尔文一个踉跄的同时，电梯门缓缓地合上了。

在电梯门合上的那个瞬间，人人都认出来了，那个人正是爱因斯坦警长。

开尔文大怒，冲着电梯喊：“岂有此理，你怎敢这么做！”

爱因斯坦在电梯中说：“请立即启动电梯，时间已经来不及了。我已经下定决心了，电梯门我已经反锁，我再重复一遍，请启动电梯，时间来不及了。”

僵持了一段时间，尽管开尔文暴跳如雷，但也无计可施，大家心里都明白，时间一分一秒地过去，必须启动电梯了。

开尔文痛苦地对着电梯里的爱因斯坦咆哮了两声，知道已经不可能改变了，红着眼睛对爱丁顿叫到：“启动！”

电梯顶上一盏红灯变成了绿灯。

电梯无声无息地启动，刚开始几乎看起来没有任何移动，慢慢地，看出了一点点的抬升，随着时间推移，移动越来越明显。

爱因斯坦一只手按着控制旋钮，一只手拿着重力测定仪，眼睛盯着读数，不时地调节旋钮，以维持读数的稳定。

20分钟后，电梯终于接近顶端，爱因斯坦明白，电梯升顶前的减速会立即破坏炸弹上重力感应器的平衡，炸弹就会爆炸。

最后的时刻到了，爱因斯坦听到咣当一声，猛然感到自己身体一下子轻了起来，手中仪表上的数字急剧地减少。

## 等效原理

“啊——”爱因斯坦一声惊叫，从椅子上跳起来，他猛然惊醒，一身冷汗。

刚才的梦实在印象太深刻了，几乎历历在目。“加速度和重力等效，加速度和重力等效……”爱因斯坦一声比一声大地念了三遍，爱因斯坦得到了他一生中最快乐的想法。此时，哈勒也走进了爱因斯坦的办公室，显然他听到了爱因斯坦的叫声。

哈勒问：“小爱，发生什么事了？”

爱因斯坦冲过去一把抱住哈勒，说：“那个问题我想明白了，哈哈，哈哈哈！”

哈勒推开爱因斯坦，问：“你说的是哪个问题？”

爱因斯坦说：“惯性系，明白了吗，惯性系。上帝这个老头子不偏心，这个世界又回到了民主的手中，所有的参考系都是平等的。现在我们可以大声宣布：在任何参考系中，所有物理规律都不变。只要在这个前面加上一个等效原理的前提即可。”

哈勒说：“我不明白。”

爱因斯坦说：“加速度和重力，也就是加速度和万有引力是完全等效的。请想一下，局长，如果你被关在一个密闭的电梯中睡着了，当你醒过来的时候，你如何区分自己是在太空中做着加速运动还是静止地待在地面上呢？你能不能用做任何物理实验的方法判断自己是静止地待在地面上还是在太空中加速上升？”

哈勒仔细想了一下，说：“好像是不能。”

爱因斯坦说：“反过来，如果你醒来的时候，发现自己漂浮在电梯中，请问，你能区分是自己在太空中失重了还是电梯在地球引力场中做着自由落体运动吗？你能用做任何物理实验的方法区分这两种状态吗？”

哈勒又仔细想了想，说：“很对，确实完全无法区分，不可能用实验的方法来知道自己的确切状态。”

爱因斯坦说：“因此说，加速度就是引力，引力就是加速度，他们在物理性质上是完全等价的，这个我把它叫做等效原理。对于任何参考系来说，我们都可以把它分解为一个在引力场中的惯性系来考虑，这样一来，所有的参考系就平等了，参考系与参考系之间就没有任何区别。比方说，你在地球上一列匀速直线运动的火车中做物理实验，我可以理解为是在一个施加了地球引力的惯性系中做实验；同样，如果我在太空中一部加速上升的电梯中做实验，假设上升的加速度刚好等于地球的重力加速度的话，那么在没有等效原理之前，我们只能认为这部电梯不是一个惯性系，但是现在，我们可以看成是在一部地球上的、静止的电梯中做实验。再比方，我们如果在地球上一部加速上升的电梯中做实验，我们也可以等效地认为是在太阳上一部匀速上升的电梯中做实验，假设电梯的加速度与地球引力之和刚好与太阳的引力相同的话。你看，有了这个等效原理后，我们可以把任何非惯性系都转换为惯性系，只要额外处理一个引力场的影响即可。”

哈勒说：“那做匀速圆周运动的参考系也能做同样的转换吗？”

爱因斯坦说：“当然可以，你想象一下现在你处在一个密闭的链子球里面，我把你甩起来，你会感到一股无形的力把你贴在外壁上，这个力就是离心力（科学地说是向心力），但是对于在密闭的球中的你来说，是无法区分这是离心力还是引力的，如果我在太空中甩这个链子球，那么你就会跟感觉在地球上静止时一样，受到同样的重力。因此，只要考虑了引力场以后，任何参考系，不论是加速还是减速直线运动，还是非直线运动，都可以分解为惯性系不变，引力在发生变化。因此，最重要的是我们要找出一个引力场方程来，在狭义相对论中，我们只研究了时间、空间、运动这三者的关系，现在我们必须再加入一个重要的对象，那就是——引力。”

哈勒若有所思地点点头，说：“我开始明白了。”

爱因斯坦为了这个快乐的想法高兴了很多天，每天都觉得思路比上一天更加清晰，在引力这条路上开始往前探索，无数的风景一下子涌过来，很多过去想也没想过的问题都接踵而至，让爱因斯坦有点应接不暇。

爱因斯坦首先通过一个思维实验很容易就得出了引力会使光线弯曲的结论。你可能觉得非常难以理解，光线怎么可能弯曲呢？我们从来也没有见过手电筒打出去的光会有任何一丝一毫的弯曲，其实那一切不过是光的速度太快，弯曲的程度太低，我们的眼睛无法察觉。我用一个思维实验很容易就可以向你证明——光，是不可能在任何时候都走直线的。

请闭上你的眼睛，跟我一起来想：现在假设你是在一部做着自由落体运动的电梯中，你会感觉到失重，所有的东西在你身边都漂浮起来。你随手从口袋里面拿出一个玻璃球，在眼前松手，你会看到玻璃球在眼前漂浮起来，你轻轻地一弹，玻璃球在你眼皮底下以匀速直线运动朝前飞去。这一切都如此正常，天经地义。

现在我是站在地面上的一个观察者，我看到的情况就完全不同了，假设电梯是透明的，我会看到什么呢？我会看到那个在你面前做匀速直线运动的玻璃球以一个抛物线的轨迹坠落。

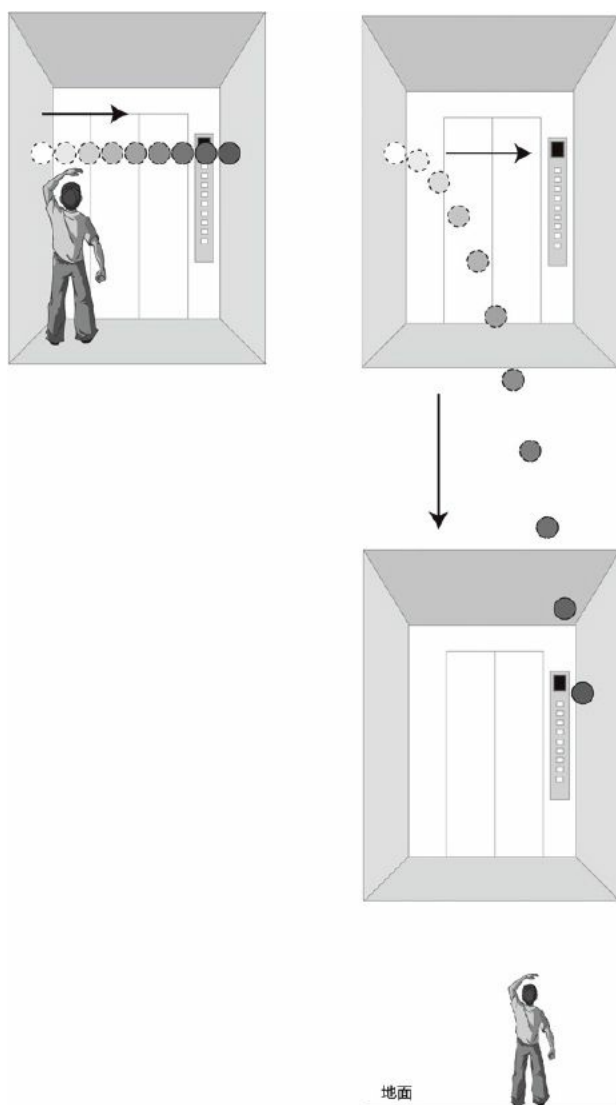


图5-1 不同参考系的人看到的小球飞行路线不同

这个情景就如同你在运动的火车上从窗口扔出一个物体，你自己看到这个物体直线下落到地上，可是在站台上的人看来，物体是在做一个抛物线运动。

那么，再次闭上你的眼睛，还是回到那部失重的电梯中，你打开手电筒，一束光从你的手里打出去，请把这束光想象成是一个小球。请问，这束光对你而言是不是做着匀速直线运动呢？如果是，那么对于地面上的观察者——我而言，这束光就必定也是个抛物线。如果你觉得这想不通，你一定要认为地面上的我看到的光是直线，而不是抛物线。那么，如果我看到的是直线，你看到的就一定是向上弯曲的抛物线了，别忘了，你正在不停地下落呢。换句话说，我们俩不可能同时看到光走的是一条直线，要么你看到的是抛物线，要么我看到的是抛物线，只能二选一。



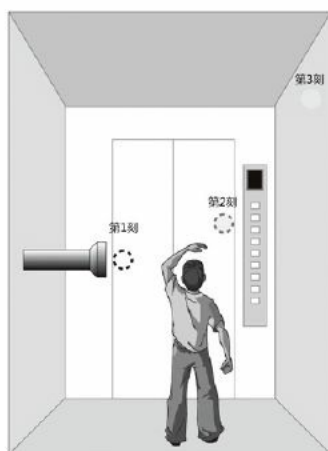
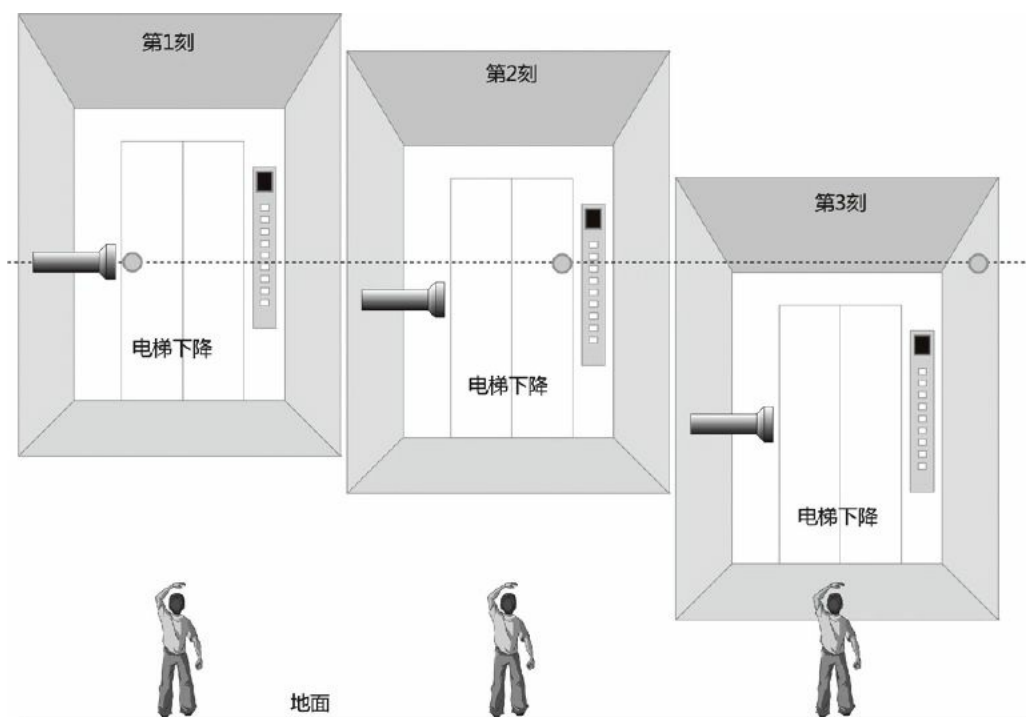


图5-2如果地面上的人看到的是直线，那么电梯中的人看到的就是曲线

稍稍经过思考后，所有人都会选择后者，也就是从地面上的观察者来看，光走的路线跟小球一样也是抛物线，只是光的速度太快了，这根抛物线拉得很长很长，因此弯曲度很低很低，我们的肉眼根本察觉不出来。但是我们都应该能达成共识，那就是地球的引力确实会弯曲光线。

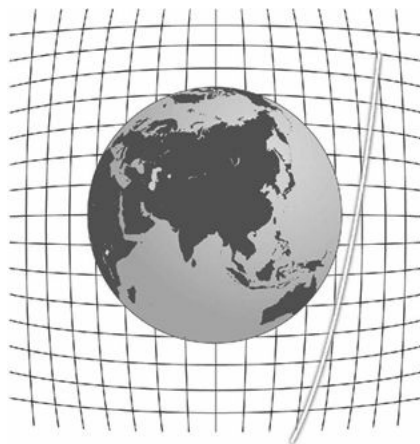


图5-3地球的引力会弯曲经过地球附近的光线

那么显然，既然地球的引力可以弯曲光线，那么所有的引力场应当会使得光线弯曲，我们这个地球不应当有什么特权。引力越大，也就弯曲得越厉害。再根据等效原理，加速度就是引力，引力就是加速度，因此，加速度同样会造成光线的弯曲。

## 太空大圆盘

这个世界已经变得越来越神奇了，连光都成了弯曲的了，但又不得我们不信。还有更神奇的，爱因斯坦用一个非凡的思维实验论证了这样一个事实：引力其实造成的是时空弯曲，也就是时间和空间同时被弯曲了。这下你的脑袋彻底晕了，你完全无法想象出时间和空间弯曲是什么概念，如果我说时间变慢，甚至说时间膨胀，空间收缩什么的，你大概都觉得还马马虎虎能想象得出来，但是这个时空弯曲实在太令人费解了。别慌，爱因斯坦这个非凡的思维实验叫做“爱因斯坦圆盘实验”。有趣啊，你心里想，前有牛顿水桶实验，后有爱因斯坦圆盘实验。还真是那么有趣，干脆我们把有趣进行到底，把Tom & Jerry再次请出来吧，这次让他们担任爱因斯坦的学生，跟我们的爱因斯坦先生一起来做这个思维实验，好了，可以鼓掌了。

爱因斯坦说：“欢迎Tom & Jerry来到我的广义相对论大讲堂，本次讲课包你们满意。”

Tom托着腮帮子说：“我讨厌上课。”

Jerry眯着眼睛说：“能再睡会儿吗？”

爱因斯坦说：“你们听我说，这节课我们不在教室里上，我们去太空中上课，怎么样？”

Tom & Jerry说：“太空，哇塞，太好了，怎么去？快走快走。”

爱因斯坦说：“请你们闭上眼睛，准备好了吗？般若波罗蜜！”

Tom & Jerry突然感到自己漂浮起来了，睁开眼睛一看，三个人已经悬浮在漆黑的太空中了，四面八方全是星光点点。

爱因斯坦说：“现在，我需要把你们俩放到一个特殊的、非常好玩的转盘游乐机里去。”

Tom & Jerry说：“在哪里？在哪里？”

爱因斯坦说：“巴巴变！”

突然，三个人眼前出现了一个巨大的圆形建筑物，就好像一个超级巨大的圆形饼干铁盒。

爱因斯坦说：“这就是我们要去上课的地方，你们俩进去，因为我是这里的上帝，所以，你们俩的一切行动我都能看见，你们能听到我说的话，我也能听见你们说话。好了，现在给你们发道具，一人一只原子钟和纳米尺，这可是全世界最精确的时钟和量尺，千万要保护好。”

Tom & Jerry收下了钟和尺，丈二和尚摸不着头脑，完全不知道爱因斯坦教授有何用意，先进去再说，看看有什么好玩的，于是两人抓着建筑物的门框，稍一用力，轻轻巧巧的就漂进去了。

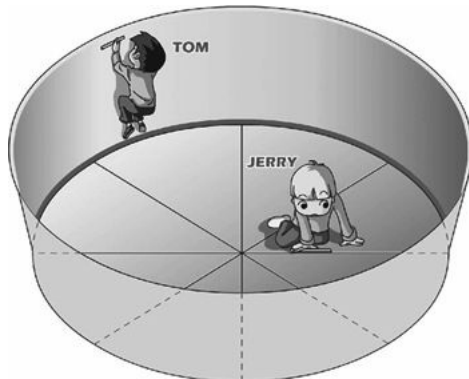


图5-4 爱因斯坦圆盘实验

爱因斯坦说：“Tom，现在请你在圆盘的内壁就位，Jerry，请在圆盘底的圆心就位，我们的实验马上就要开始了。”

Tom说：“让我想起关小白鼠的笼子里的那个轮盘。”

Jerry说：“让我想起了我小时候最喜欢玩的东西。”

爱因斯坦说：“请注意，我马上就要把它旋转起来了，你们准备好了吗？”

Tom & Jerry说：“准备好了。”

爱因斯坦手一挥，整个转盘飞快地转动起来。

Tom由于是在圆盘的内壁位置，于是瞬间就感受到离心力，从我们观众的角度来看，他感受到的是离心力，但是从Tom自己的角度来感觉，他根本分不出是重力还是离心力，且看我们的Tom怎么说。

Tom说：“啊哈，我们是不是回到地球上了？我突然就感觉回到了地面，能正常走路了，只是这个地面有点不平啊。”

爱因斯坦转身面向观众，解释说：“匀速圆周运动的实质是一种加速运动，根据我的等效原理，加速度和重力是一回事，所以，你可以认为Tom回到了地球上。”

Jerry站在圆心的位置，所以他相对观众来说是静止的，Tom在Jerry周围一圈圈地转着，且看我们的Jerry是怎么说的。

Jerry说：“我没有感觉到任何变化，这里能见度不够，我甚至连Tom都看不到。”

爱因斯坦再次转向观众，解释说：“Jerry就好像处在引力的边缘一样，他此时仍然是悬浮在太空中的，没有受到任何引力的影响。我们用这样一个密闭的圆盘，创造了一个小小的人工引力场环境，接下来，我们就要研究这个引力场对我们的时间和空间到底造成了什么样的影响。先让我们来研究一下相对比较容易研究的时间问题。”

爱因斯坦转过身去，说：“Tom & Jerry，你们现在告诉我你们的原子钟的时间是多少？”

Tom说：“11点55分，教授。”

Jerry说：“12点整，教授。”

爱因斯坦解释说：“很好，大家请注意，Tom相对我们在运动，而Jerry相对我们则是静止的，根据狭义相对论的时间膨胀效应，运动会使时间变慢，因此，我们很容易就可以得出结论，那就是Tom的时间变慢了。但现在请大家把视角放回到Tom身上，对Tom来讲，他感觉自己并没有运动，只不过是受到了引力而已，因此Tom可以得出这样的结论：引力使得时间膨胀了。让我们继续深入研究。”

爱因斯坦对Jerry说：“Jerry，现在我要你沿着圆盘上的径线往前去一点点。”

Jerry往前挪了一点点，突然感受到了一点轻微的引力，这股引力在把他向远处拖拽，Jerry赶紧打开了绑在腰上的推进装置，以维持平衡。

爱因斯坦说：“Jerry，现在你再告诉我你的时间。”

Jerry报了一个精确的数字，爱因斯坦发现比自己的原子钟慢了1秒钟。

爱因斯坦说：“很好，Jerry你现在继续沿着径线朝前挪一点，跟刚才挪动的距离一样，再告诉我时间。”

Jerry照做，又报了一个精确的数字。

这次比爱因斯坦的原子钟慢了2.5秒。

爱因斯坦继续指挥着Jerry一点点朝前挪动，每挪一段距离，就报一个时间，爱因斯坦记下每次Jerry的时间变慢的幅度。

爱因斯坦解释说：“Jerry的时间为什么会变慢，道理很简单，Jerry一旦离开了圆心，就会产生速度，所以时间就变慢，而且他的线速度是随着离开圆心的距离不断增大的，因此他的时间变慢的幅度就会逐步增大。现在让我们构建一个笛卡尔坐标系，把X轴当做距离的变化，Y轴当做时间变慢的幅度大小，然后把刚才Jerry告诉我的所有数据用一个点标在这个坐标系里面，最后我们把这些点用线连起来，我们很快就会发现，这是一根抛物线，一根完美的曲线。换句话说，随着离开圆心的距离增大，也就是引力会逐步增大，而时间会逐步变慢。但是时间变慢的幅度是一根曲线，我们可以这样理解，在圆盘上时间弯曲了，而这个小小的圆盘就是一个人造引力场，也就是说引力使得时间弯曲了。”

你禁不住鼓起掌来，太精彩了，爱因斯坦不愧是大师级人物啊，我似乎明白了时间弯曲是怎么回事了，继续继续，那空间弯曲又该怎么理解呢？

爱因斯坦说：“Tom & Jerry，请拿出你们的纳米尺，不要告诉我你们弄丢了，那一把尺子可要花去教授我一个月的薪水呢。”

Tom说：“教授，尺子在我手里呢，让我做什么？”

Jerry说：“这把尺子真好看。”

爱因斯坦说：“Jerry，我要你现在开始量一下圆盘的半径长度。Tom你呢就给我量一下圆盘周长，就是你刚好走一圈的长度。”

不一会儿，两人都把数字报过来了，爱因斯坦用Tom量的周长除以Jerry量的半径，得出的数字发现比 $2\pi$ 要大，这是怎么回事？

爱因斯坦解释说：“请注意，从我们观众的角度看起来，Tom由于在运动，那么根据狭义相对论，在运动方向上就会发生尺缩现象，所以Tom手里的那根纳米尺就会缩短一点点，而同时，Jerry是在沿着径线方向丈量，在这个方向上，纳米尺没有运动，自然也就不会发生尺缩现象，于是，Tom量出来的周长就会比静止时长一点点（他必须多测量几步才能测完整个周长，而他自己仍然以为尺子的长度没变），而Jerry量出来的半径则不会变化，于是，奇怪的事情发生了，这个转动的圆盘的圆周率大于 $\pi$ ，我们进一步想下去的话，在这个圆盘的人造引力场中，所有以Jerry为圆心的半径不同的圆都可以用同样的方法得出圆周率都大于 $\pi$ 的这个惊人事实。观众们，你能告诉我在什么情况下一个圆的圆周率大于 $\pi$ 吗？”

一个聪明的观众说道：“我知道，我知道。”

爱因斯坦有些惊喜：“请讲。”

观众说：“圆规的质量不过关，不小心把圆画成了椭圆的情况下。”

爱因斯坦被雷倒了：“拜托，我们这不是脑筋急转弯呢，不考虑这种意外误差情况。”

观众一脸不好意思：“那我就知道了。”

爱因斯坦说：“如果你在一张纸上画一个标准的圆，自然圆周率是 $\pi$ ，但是，如果你在一个篮球上画一个标准的圆，然后再去测算的话，就会发现篮球上的圆的圆周率小于 $\pi$ ，同理如果你在一个马鞍面上画一个标准的圆，则圆周率就会大于 $\pi$ 。观众们，我们的结论就是如果是在一个曲面上画一个圆，圆周率就不会等于 $\pi$ 。因此可见，在圆盘引力场中，我们发现圆周率大于 $\pi$ ，就说明了这个引力场中的空间不是平直的，是弯曲的，否则圆周率是不可能大于 $\pi$ 的。”

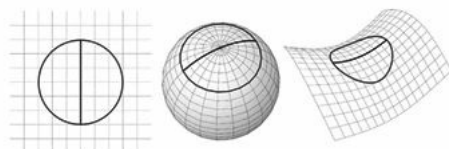


图5-5 平面上的圆、球面上的圆、马鞍面上的圆

你再一次禁不住鼓起掌来，真是精彩啊，你对爱因斯坦的佩服真如滔滔江水了，其实笔者在理解了爱因斯坦的这个圆盘实验后，也是禁不住大声喝彩，这实在是一场思维的盛宴。你马上就想到：我这么抬起手来，朝空中一劈，这一招叫扭转乾坤，显然，我的手劈下去不是一个匀速直线运动，肯定是一个加速运

动，那岂不是我这一招真的可以把时空给弄弯曲了？没错，你的思考完全正确，只是你这一劈造成的时空弯曲的效应要把你的手放大到整个宇宙大小才有可能被察觉到。

## 时空弯曲

我们把这个称为“广义相对论的时空弯曲效应”，在引力越强的地方，时空被弯曲得越厉害，也就是时间变得越慢。地面上的地球引力比在高山上的地球引力要大，所以地面上的时钟会比高山上的时钟走得慢一点。

细心的读者可能会发现这里面有个特别有趣的事情——地球是在自转的，因此离地面越高，自转的线速度就会越大，那么高山上的时钟和地面上的时钟相比，根据狭义相对论，速度快，时间就会变慢，高山上的时钟要比地面上的慢，但是根据广义相对论，高山上的地球引力更小，所以时间会变快，那么到底是狭义还是广义相对论效应更显著一点呢？根据精确的计算，是广义相对论效应更加显著，高山上的时钟走得更快了，这一点也在上世纪90年代得到了实验数据的有力支持。天上的卫星也是同时受到狭义和广义相对论效应的影响，结论也是广义相对论效应更显著，因此GPS卫星上的时钟要比地面上的时钟走得更快一点。再来看看坐飞机的人，民航飞机时速一般是800到1000公里，你坐在飞机里也是同时受到了狭义和广义相对论效应的影响，那么你的时间到底是变快了还是变慢了呢？较真儿的读者还会想到，考虑到大气环流的影响，飞机相对地面的速度跟飞机自西向东飞还是自东向西飞有关。是的，没错，根据精确的计算，发现以飞机的时速考虑的话，如果是顺着大气环流方向飞，你的时间会变慢，反过来如果逆着大气环流的方向飞，你的时间就会变快。

1971年，我们两位可敬的美国科学家，一个叫Hafele，一个叫Keating，他们带上了全世界精度最高的铯原子钟（这种超精确钟600万年才会误差1秒）先后两次从华盛顿的杜勒斯机场出发，乘上了一架环球航行的民航客机，一次是自西向东飞，一次是自东向西飞，飞行高度9000米左右，飞行时速800公里左右，环球飞行一次花了65小时，一次花了80小时，落地后他们与地面上的铯原子钟进行了比较，实验数据与相对论的计算结果吻合得几乎完美。因此，你记住结论，以后从中国飞美国就会年轻一点（不考虑从北极走的那条航线），从美国飞中国就会老一点，看来坐飞机能让你变得年轻还真不是假的。不过英国的大物理学家霍金指出：吃飞机餐对你寿命的损害要远远大过相对论效应（参见霍金《果壳中的宇宙》）。有读者提出要求说，把广义相对论的时间变化的公式告诉我嘛，我以后就可以自己算了，多好玩。很抱歉，广义相对论的公式都是微分方程（为什么是微分方程，因为引力是一个随着距离不断变化的值，这种不断变化的量，我们知道必须要用到强大的、头晕的、天书般的微积分来处理，爱因斯坦当年为了弄出引力场方程，还特别去大学里学习了一年的微积分呢），所以你必须把微积分学得很好才会计算，像笔者这样早就把微积分还给老师的人就跟看天书一样，而且我前面有过保证，不再出现任何公式来刺激读者了。

还记得我们上一章结束的时候我提出的第一个问题吗？现在有了广义相对论的基础概念，我们就可以来研究一下了，让我们再回顾一下这个问题：

想象一下，爱因斯坦和哈勒各自驾驶着一艘同一型号的宇宙飞船在黑漆漆的太空相遇。在爱因斯坦的眼中，哈勒的飞船最开始是一个小亮点，然后越来越大，最后以高速从他身边飞过，一转眼就不见了，爱因斯坦心里想，根据狭义相对论的时间膨胀和空间收缩效应，哈勒的时间过得比我慢，哈勒的飞船相对我的飞船缩小了。但是，让我们跑到哈勒那里，在刚才那起相遇事件中，哈勒看到爱因斯坦的飞船最开始是一个小亮点，然后越来越大，最后以高速从他身边飞过，一转眼就不见了，哈勒心里也在想，根据狭义相对论的时间膨胀和空间收缩效应，爱因斯坦的时间过得比我慢，爱因斯坦的飞船相对我的飞船缩小了。亲爱的读者，请问，他们到底谁比谁的时间变慢了？谁比谁的飞船缩小了？

我们先来研究一下谁的时间慢的问题。为了把这个问题研究清楚，我们首先要想一个能比较两个人时间的方法，你同意吗？这不是废话嘛，你出于对我的礼貌，不便直接骂我有病。比较两个人时间的方法还不简单，两个人一对表，谁快谁慢不是一目了然吗。但我们现在说的是两艘相对飞过，且越飞越远的飞船，不是并排坐着的两个乘客。那不是也很简单吗，一个人打个手机……（你突然意识到可能手机没信号）发个电报给另一个人，告诉他自己是几点了，另一个人看看表也就知道谁快谁慢了，难道不是吗？你的主意很不错，我非常赞同，那就让我们来模拟一下吧。

现在爱因斯坦坐在飞船的驾驶室里，开始呼叫哈勒：“哈勒哈勒，我是爱因斯坦，当你接下来听到‘嘀’的一声时，表明我这里是12点整，一切正常。请立即回报你的时间。”

爱因斯坦认为只要哈勒听到“嘀”声的时候，看看表，就能确定到底是谁的时间更慢了。

可是，亲爱的读者们，大家千万不要忘了，信号传递不是瞬时的，信号的极限速度是光速，因此，当爱因斯坦发出“嘀”的一声时，哈勒什么时候听见取决于他们两艘飞船之间的距离。但不管怎么说，我们可以肯定的是哈勒在听到嘀声时，爱因斯坦的手表肯定是过了12点了。过了几秒钟，爱因斯坦收到了哈勒的回报：“爱因斯坦，我于12点05秒听见‘嘀’声，当你听到我下面发出的‘嘀’声时，是正好12点15秒。”爱因斯坦当听到“嘀”的一声后迅速地记下了听到“嘀”声的时间是12点25秒。但是爱因斯坦马上就发现，靠这个时间无法证明哈勒的钟走得是比我的慢还是快，还得扣除信号在中途传递的时间。于是，爱因斯坦迅速拿出计

算器，开始欢快地计算起来，结果他惊讶地发现，信号传播的时间居然超过了5秒钟，也就是说，哈勒是在12点05秒才听到了“嘀”声，哈勒会自然地认为爱因斯坦的表走慢了，但是一旦扣除信号传递的时间后，爱因斯坦仍然认为哈勒的表走得更慢。当哈勒给爱因斯坦回报“嘀”声时，他们俩之间的距离进一步加大，再计算一下信号传播的时间，对比一下爱因斯坦收到“嘀”声的时间，爱因斯坦得出的结论也是哈勒的时间走得比爱因斯坦的时间慢。但问题是哈勒此时仍然认为爱因斯坦的时间更慢，哪怕他再次收到爱因斯坦报告的时间，哈勒总是要在爱因斯坦报告的时间之后才能收到。不好意思，我知道你的脑子开始有点发蒙了。我只想说一点，在以往我们完全不会考虑的信号传递时间居然在这个比对时间的游戏中起到了决定性作用。再进一步计算，我们会发现，随着速度的增加，信号传递的时间总是要大于相对论效应拉慢的时间。也就是说，在这个游戏中双方完全处于对称的地位，一方的计算完全可以想象成是另一方的计算，最后如果你经过一番仔细的计算和论证，你会得出一个惊人的结论：尽管看起来像一个悖论，但是无论爱因斯坦和哈勒用什么方法对比时间，他们都会得出同一个结论，那就是对方的时间变慢了。

疯了，你大声叫到，这完全没有道理嘛，我不想看你上面啰啰唆唆的一大堆，我就用一个最简单也最可靠的办法可以不，让他们俩见面，把两个人的表并排放一起，谁快谁慢不就一目了然了吗？

我没意见，这确实是个好办法，但是首先我们必须决定一下是谁掉头去见另一个。“让哈勒那家伙去见爱因斯坦。”你不耐烦地说。OK，现在就让哈勒先生减速，掉头，然后加速追上爱因斯坦。亲爱的读者，注意到没有，如果要让哈勒去见爱因斯坦，就必须要让哈勒减速再加速，于是广义相对论的时间膨胀效应在哈勒那里急速地显现出来。让我们假设他们分开的相对速度是光速的99.5%，哈勒掉头后仍然以这个相对速度去追赶爱因斯坦。等他追上爱因斯坦的时候，哈勒觉得用了6年的时间。6年前的情景历历在目，哈勒激动地跟爱因斯坦问好，但是爱因斯坦却已经老了60岁，爱因斯坦要苦苦追寻自己60年前的记忆，回想他们相对而过的那一刻。如果你要求爱因斯坦去见哈勒，那么情况也是一模一样的。因此，最后的结论又是如此的让人啼笑皆非：谁要想去见另外一个人，谁就会变得更年轻，换句话说，谁要是掉头去追另一个人，就是在向着对方的未来前进。

理解了这个时间快慢的问题，再来思考谁的飞船缩得更小的问题也就很容易了。答案就是只要他们有相对速度，那么从任何一方看来，对方都缩小了，但一旦他们速度一致可以放在一起比较的时候，他们的长度又变成完全一模一样了。

此时，我们第二个关于双胞胎兄弟孰老孰少问题的答案也就水落石出了，你乘着宇宙飞船飞离地球而去，只要你还在匀速飞行，你们兄弟俩个都很欣慰，互相都知道对方跟自己相比，越来越年轻了，但是一旦你想返回地球，在返回掉头的那个时候，时光开始飞逝，你的弟弟对你而言就迅速地老去。

不看不知道，世界真奇妙！你发出了一声由衷的感叹。我跟你有同感。

## 引力的本质

引力，这正是广义相对论所要研究的核心问题，关于引力的话题我们还要深入地讲下去，这趟旅程比你能想象到的还要出人意料。引力这东西到底是什么，我们看不见它，摸不着它，但它又无所不在。从你有记忆的第一天起，你就能记得自己是怎么走在路上跌倒，又是怎么费力地爬起来，当你开始逐渐长大，你丢沙包，打篮球，一头扎进水里游泳，这一切都让你无时无刻不在感受着地球的引力。再长大一点，你开始明白潮起潮落的原因是月球的引力影响了海水，有一天，你终于抬头好奇地注视着浩瀚的星空，日月星辰、斗转星移，你能看到的宇宙中的一切无不被引力这双无形的大手控制着。你是否跟牛顿一样好奇过，这引力到底是什么？牛顿认为，引力就像一根无形的线，牵引着宇宙中的所有物体，从牛顿优美的万有引力公式我们可以看到，引力的大小跟物体的质量成正比，跟距离的平方成反比。我们地球正是被一根从太阳上拉出的无形的线所牵引着，绕着太阳做着有规律的圆周运动，就好像我们甩一个链子球一样。按照牛顿的公式，如果太阳突然爆炸了，那么太阳的质量瞬间降为零，引力的大小也会瞬间降为零，就好像这根线突然断掉了，那么地球就应该瞬间被甩出去，这就叫引力的超距作用。也就是说，在爱因斯坦之前，人们一直认为引力的互相作用是瞬间产生的，不管距离有多远，只要质量发生变化，引力的大小也立即跟着发生变化。

爱因斯坦对这个观点产生了严重的质疑，根据狭义相对论证明，没有什么信号或者能量的传递速度能超过光速。如果太阳突然爆炸了，地球最快也要在八分钟后才能得知真相，引力的传播也绝不能逾越光速这个极限。如果引力真是可以超距作用的话，那么就可以靠有规律地改变质量的大小来向远方传递信息，就跟莫尔斯电码一样，这显然违反了狭义相对论的基本推论。牛顿肯定错了，但是，如果不是牛顿所说的看不见的线，引力又到底是什么呢，为什么它可以隔着遥远的真空而相互作用？

爱因斯坦点燃一根纸烟，陷入了深思。引力可以引起光线的弯曲，光为什么会弯曲？因为光要走最短的路径，在一个弯曲的空间里面，光的最短路径看起来就像一条曲线，就好像我们在一个皮球上的两点间画一条最短的线，它看上去就是一条曲线。既然光总是要走最短的路径，物理规律都是一样的，一个扔出去的小球是不是也应该走最短路径呢？我想应该是的，如果没有地球引力，这个小球就会沿着直线一直飞下去。现在有了地球引力，这个小球走了一个抛物线路径落在了地上，它的运动轨迹是一根曲线，那么，

我觉得这根曲线就应该是小球认为的在这个空间中的最短路径，我们这个空间是被地球引力包裹的空间。所以，对了，就是这样，引力的实质并不是一种力，只不过就是空间弯曲的外在表现而已，没有什么无形的线，只有弯曲空间这个实质。我们的宇宙空间就好像一张张开的大网，地球就压在这张网上，网被压得凹陷了下去。

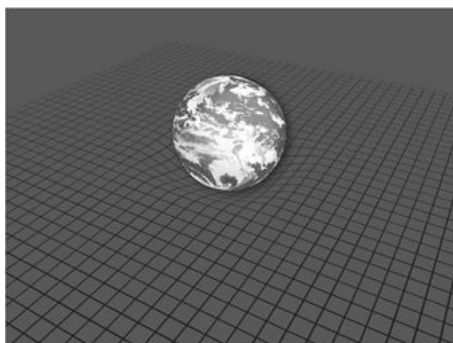


图5-6 地球使得周围的空间弯曲

就好像我现在坐在沙发椅上，我的屁股底下凹陷了一块。这个凹陷的比喻和图示都非常粗糙，只是一种近似，你千万不要认为空间真的就是这么凹下去的。实际上，三维空间是在所有的维度上都弯曲了，以我们人类有限的想象力，是很难把它真正的形象化的，更不用说要让人把它在一张二维的纸上画出来了。但不管怎样，有这么一个比喻总比没有这个比喻好，虽然结果可能会让这个世界上的少数聪明人更晕菜，但好处是会让大多数普通人突然理解了时空弯曲。

我们在地球边上被压凹陷的网上放一个玻璃球，这个玻璃球当然会滚落到凹陷的最深处，直到和地球碰在一起。如果从远处贴着网朝地球打一个玻璃球出去，当玻璃球滚到凹陷的地方时，如果速度不够，就会绕着地球一圈圈地滚，越滚越深，最后和地球撞在一起。但如果玻璃球的速度足够快，它就会滚到凹陷的地方下沉一下，然后在另一头出来，在凹陷的地方的轨迹看上去就是一根曲线。

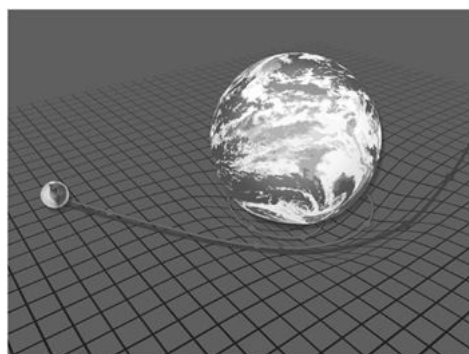


图5-7玻璃球走过的最短路径看上去像一根曲线

我的这些想象和真实世界中的一切都是如此的吻合，流星划过地球的轨迹就是一根曲线，如果流星速度很快，就会划过天际，掠过地球而去。如果大网上的地球质量变化了，就好像这个球在网上抖动了一下，于是下陷的深度就会产生变化，这个深度的变化会从中心迅速地传递出去，但是不可能瞬间抵达边缘，必然会有一个传递的过程，就好像卷曲的空间起了一个波澜一样，这个波澜的传递速度也是光速。这个波澜，可以称之为引力波，引力波的传播速度也是光速。

引力波，多么动人的一个词，如果引力波真的存在，它就是宇宙空间中的涟漪，靠着时空的卷曲在宇宙中震荡。自从爱因斯坦预测引力波的存在以来，近100年来，人类一直在致力于通过实验捕捉来自宇宙空间中的引力波，这个努力延续了将近100年，很遗憾的是，我们至今尚未成功地探测到引力波。不过好消息是，耗资数百亿美元的人类迄今为止最大的引力波探测器LISA有望在2018年开始工作，这个探测器将被部署在太空中，由三个绕着太阳运行的航空器组成。



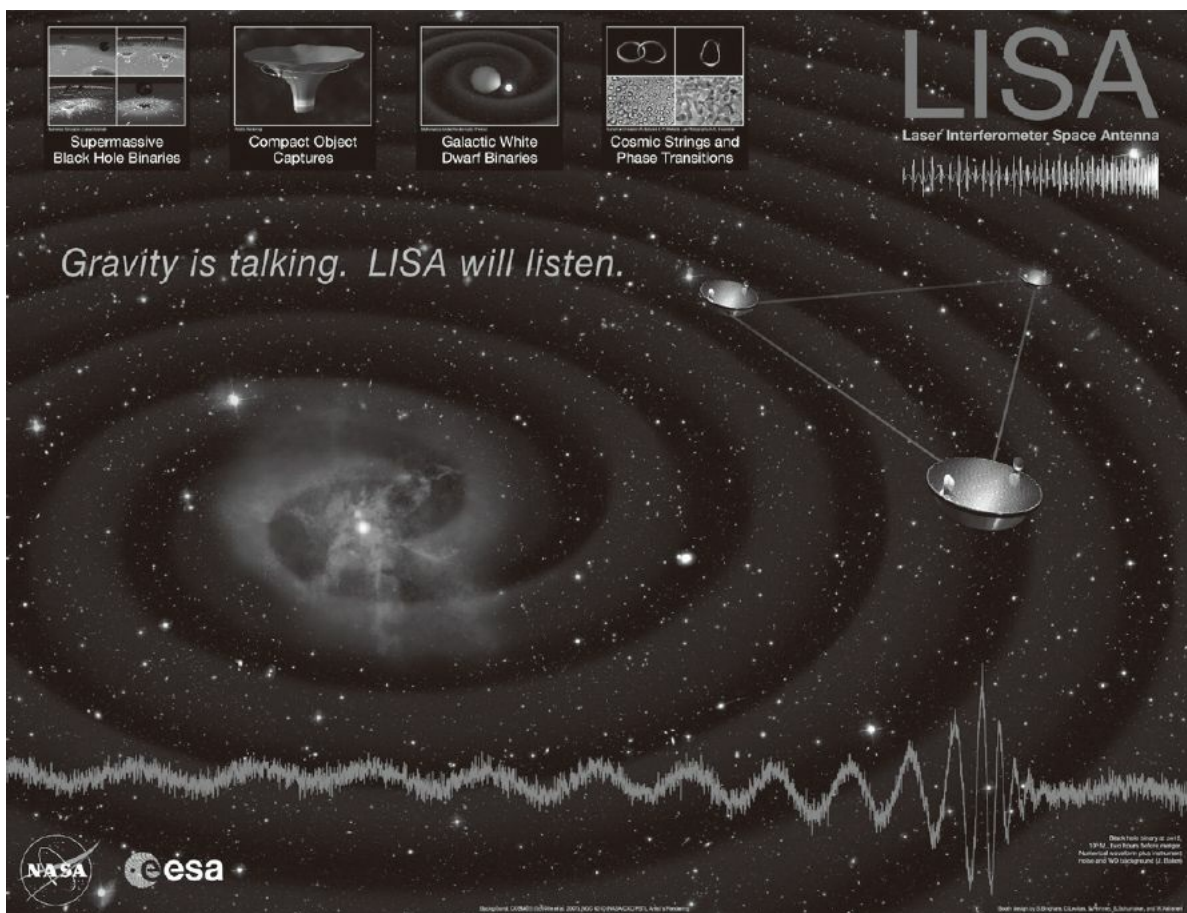


图5-8引力波探测器LISA的效果图

当爱因斯坦有了引力的实质是空间的弯曲这个想法后，他并没有急于写论文向外界公布，因为爱因斯坦深知，如果他的假想不能提出有力的实验证据的话，没有人会相信他。要能被实验证实，就首先要设计一个实验，而且这个实验的结果要能根据自己的理论预测出来，最后如果实验的观测数据和理论预测的数据完全一致的话，那么这个理论才能站得住脚，被科学界所接受。爱因斯坦知道，真正的挑战来了，第一步，他要能找到计算空间弯曲程度和引力大小的关系公式，然后才可以再谈什么实验，否则一切都是空中楼阁。为此，爱因斯坦开始潜心学习微积分的知识，同时，为了能够掌握曲面上的几何学知识，他专程去大学深造了一年，深入学习黎曼几何。在平面上的几何学是由欧几里德开创的，就是我们中学都学过的欧氏几何，但是如果是球面上的几何，就无法用欧氏几何来计算了，比如你在篮球上画一个三角形，它的内角和就会大于180度，你在篮球上画一个圆，周长和直径比也不再是 $\pi$ ，研究曲面上的几何问题就需要用到德国数学家黎曼创立的黎曼几何学知识。爱因斯坦在打通了狭义相对论的三脉神剑后，继续朝着打通六脉的目标潜心修炼，光有了广义相对论的思想还远远不够，关键是要用数学的语言描述出来才行，科学界通行的语言是数学。

终于在1915年，爱因斯坦打通了剩下的三脉，六脉神剑大功告成，此时的爱因斯坦已经掌握了强大的数学工具，他已经能精确地推算引力对空间造成的弯曲程度是多少了，且看爱因斯坦是如何设计那个将在4年后震撼全世界的著名实验的，这简直是一个梦幻般的实验，他的视觉震撼力绝不亚于大卫·科菲波尔的神奇魔术，爱因斯坦将一战成名。别走开，整点新闻之后马上回来。

## 水星轨道之谜

下面是今天的整点新闻。

主持人：“各位听众，爱因斯坦先生近日宣布，他解决了困扰世人长达100多年之久的水星运行轨道之谜，这一事件引起了天体物理学界的热切反响。不过，对我们大多数普通人而言，都不知道什么是水星轨道之谜。我们今天有幸请到了著名的天文学家爱丁顿先生作为嘉宾，请他来给我们简单介绍一下这方面的相关知识。”

爱丁顿：“好的。自从开普勒的行星运动三定律和牛顿的万有引力定律被发现后，人类已经可以精确地计算天体运行的轨道。总的说来，太阳系里面的行星都是绕着太阳运行，运行轨道不是一个标准的圆形，而是一个椭圆。为什么是椭圆呢？因为……”

主持人：“爱丁顿先生，可以跳过这段解释，大多数听众并不需要知道理论细节。”

爱丁顿：“好，简而言之，行星绕太阳运行的轨道不但受到太阳引力的影响，还受到太阳系中所有天体的影响，只是影响力有大有小，最终的轨道是一个椭圆形，在运行到离太阳最近的地方，我们称之为近日点，最远的地方叫做远日点。水星是距离太阳最近的一颗行星，几百年来，我们对水星积累了大量的观测数据。早在100多年前，天文学家就发现水星的近日点位置与理论计算值有轻微的差异，每个水星年的近日点居然都不是在同一个位置。刚开始，人们以为是观测精度导致的，但是随着观测手段越来越先进，观测精度逐步提高，反而越来越明确了这个差异的存在，这100年多来的观测结果是水星的近日点已经运动了 $43\text{秒}=\frac{1}{3600}\text{度}$ ）。这就很让天文学家感到费解，于是人们就推测在水星附近还有一颗我们尚未发现的行星，这颗未知行星的引力影响了水星的运行轨道。但是，这100多年来，我们始终未找到这颗神秘的未知行星，事实上我早就不相信有这么一颗X行星的存在了，水星附近的空间对我来说早就像我家的后花园一样，一草一木尽收眼底，但如果不是这颗未知行星影响了水星的轨道，又是什么影响了水星的轨道呢？这就是水星轨道之谜，我们学界一般称之为水星的近日点进动问题。”

主持人：“谢谢爱丁顿先生，那么最近爱因斯坦宣布他解决了这个问题，又是怎么回事呢？”

爱丁顿：“爱因斯坦先生认为并没有任何东西影响了水星的轨道，原因很简单，我们之前的理论不够精确，用粗糙的理论自然只能计算出粗糙的结果。”

主持人：“原来是这样，那么爱因斯坦先生的理论又是什么呢？”

爱丁顿：“爱因斯坦先生在10年前发表了狭义相对论，最近又发表了他的广义相对论。说实在的，他的理论看起来有一点疯狂，也非常挑战人们的想象力。爱因斯坦在10年前说运动会使时间变慢，已经够疯狂的了，最近他又说引力会弯曲时间和空间，太阳的引力很强，离太阳越近，则时空被弯曲得越厉害，水星因为离太阳很近，尤其是在近日点的时候，这个时空弯曲效应产生的后果已经达到了能够被观测到的程度。根据他那晦涩难懂的方程式，由他的新理论计算出来的水星近日点的位置和观测数据符合得非常完美。”

主持人：“坦率地说，我无法理解什么是时空弯曲，我相信大多数听众也跟我一样无法理解，但我们现在知道爱因斯坦发明了一种新理论，修正了开普勒和牛顿的理论，可以解释水星的进动问题，我这样理解对吗？”

爱丁顿：“完全正确。”

主持人：“那这么说，爱因斯坦的新理论是正确的？”

爱丁顿：“我相信这个理论，但是也有不少反对的声音。”

主持人：“现在有一位听众打电话进来，让我们来听听这位听众的高见。”

听众：“我认为，虽然爱因斯坦的方程式计算出了水星的进动现象，但是，这不能证明爱因斯坦的理论就是对的，这是典型的事后诸葛亮行为，先有了大量的观测数据，然后爱因斯坦根据这些数据凑出了一个公式而已。时空弯曲之类的鬼话谁能相信呢？请问主持人，你见过一束弯曲的光线吗？”

主持人：“我们谁也没有见过，谢谢这位听众的参与。因为时间关系，我们今天的整点新闻就播送到这里，下一整点再见。”

整点新闻结束。

## 星光实验

下面就请爱因斯坦先生来给我们介绍一下这个伟大的实验吧，鼓掌。

爱因斯坦说：“谢谢大家。我给大家带来的这个实验叫做星光实验，有些魔术师可以把飞机瞬间挪动位置，而我，要把星星挪动位置，并且，这不是魔术，是真实的世界。

“首先我们找一个晴朗的夜晚，给某一块星空拍一张照片，我们会看到很多星星彼此靠得很近，我们可以把他们彼此之间的距离给量出来。我们都知道恒星之所以叫恒星，就是因为它在天上的位置相对于地球是不动的，也就说每年地球运行到同一相对位置时，这幅星空的照片应该是完全一致的，星星之间的距离也应该是完全相同的。地球绕着太阳做着圆周运动，那么每年地球都会有两次机会和恒星的相对位置保持一致。也就是下图的位置A和位置B，由于恒星离我们非常非常遥远，所以在位置A和位置B拍出来的同一块星空也是完全相同的，至少以人类目前的观测精度，是无法发现差异的。



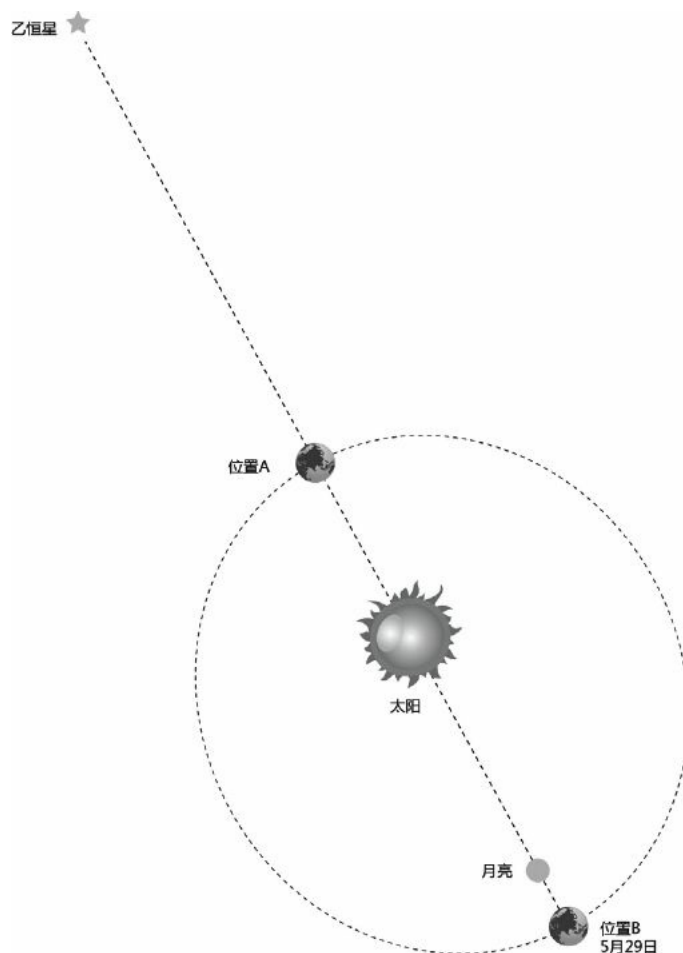


图5-9 每年地球在位置A和位置B相对于恒星的位置是完全相同的

“但是，请大家注意，下面是我要说的重点。当地球在位置B时，与在A位置相比，有一个巨大的不同，那就是太阳挡在了中间，根据我的广义相对论，太阳的引力是如此之大，使星光经过太阳时发生了弯曲，从而使我们在B位置观察到的那些离太阳比较近的恒星的‘视’位置发生可以观测到的改变，那么怎么检验恒星的位置发生了改变呢？我们只要测量离太阳很近的恒星与其他离太阳很远的恒星之间的距离即可，在位置B处的星空照片和在位置A处的星空照片相比较，我们会发现，恒星之间的距离发生了变化，这就好像魔术师把星星挪了一个地方一样，请看下面这张示意图：

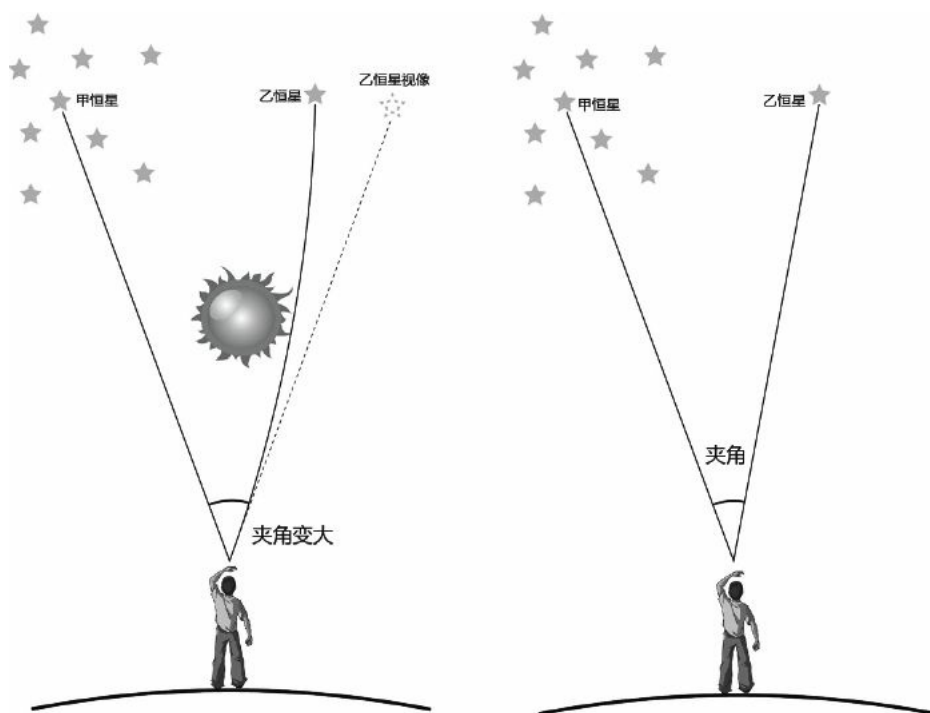


图5-10太阳的引力使星光偏转，恒星的视位置发生了位移

“我们可以发现，离太阳近的恒星的视位置会朝着远离太阳的方向偏这么一点点，这一点是多少呢，根据我的计算，这一点是1.7秒。（观众开始发生躁动的现象）大家安静，我知道你们心中的疑惑，当地球处在B位置的时候是根本无法看到恒星的，因为是白天，谁也无法在白天看到星星。可是，大家千万别忘了，有一个特殊的时刻，可以在白天看到星星，那就是当日全食发生的时候。我希望天文学家们别闲着，在下次也就是1919年日全食来临的时候，验证我这个伟大的预言。”

（爱因斯坦在《相对论浅说》中的原文是这样的：尽管光线穿过引力场时其曲率极其微小，但是当星光掠过太阳时，其曲率的估计值达到1.7秒，这应该以下述的方式来证明：从地球上观察，某些恒星与地球相隔并不遥远，因此他们在日全食时能够加以观测，当日全食时这些恒星在天空中的视位置与非日全食时相比，应该偏离太阳。这一个极其重要的推断，它的正确与否，希望天文学家能够早日解决。）

爱因斯坦提出的这个星光实验是具有非凡意义的，为什么爱因斯坦自1905年发表狭义相对论直到1915年发表广义相对论以来，10多年，在科学界一直得不到广泛的认同和重视呢？关键的原因在于，之前提出的所有推论都无法用实验来验证，无论是时间膨胀也好还是空间收缩也罢，以当时的实验精度来讲，都是不可能测量出来的。但是这个星光实验就不一样了，这是当时能够达到的观测精度，是一个可以真实去做的实验，而爱因斯坦对这个实验的预测在那个时代绝对可以用“疯狂”两个字来形容，时空弯曲这四个字毕竟对于大多数常人来讲是无法想象的，也是难以理解的，现在，居然可以让人们真实地看见时空弯曲所产生的效应，这实在是有一种梦幻般的感觉。

爱因斯坦的“皇榜”已发，且看哪位英雄来揭榜。

爱丁顿（Eddington, 1882-1944），英国的大天文学家，只比爱因斯坦小3岁，爱因斯坦的第一个粉丝，他信相对论，决定去完成爱因斯坦交给天文学家的这个使命，验证星光实验的预测是否正确。最近一次日全食将在1919年到来，当时，第一次大战还没有完全结束，世界各地都还有未尽的战火，但是爱丁顿这些科学家们已经等不及了，毅然决定冒着一战的炮火奔赴日食发生地去观测。特别有趣的是，英国和德国是一战中的敌对国，爱丁顿是英国人，爱因斯坦可以被认为是德国人（他拥有德国国籍，出生并长期生活在德国），于是我们看到一个英国人为了证明德国人的理论不惜远征万里，为战后两国修好做出了巨大贡献。为了使观测的误差降低到最低，同时也为了取得更多的公信力，爱丁顿以他的号召力还邀请到了很多出名的天文学家，比如柯庭汉、克罗姆林、戴维森等，他们分成了两个远征观测队，一个队远赴巴西的索布拉尔，另一个队由爱丁顿亲自率领远赴西非的普林西比岛。1919年5月29日，日全食如约而至，虽然当时天公不作美，两支远征队都遇到了阴天，但是在最关键的时刻还是拍到了至少8颗恒星的图片。他们把照片带回英国后，和半年前拍摄的照片仔细比较，经过长达5个月的数据分析，同时邀请了全世界的天文学家齐聚英国皇家研究所一起分析与计算，最后，他们宣布，爱因斯坦的理论得到了完美的证实，观测值与理论计算值吻合得非常好。“这是一次彻底而满意的结果。”爱因斯坦自己说。

星光实验的成功，让爱因斯坦瞬间走红全世界，真可谓是一战成名。全世界的记者蜂拥而至，镁光灯乱闪，全球的各大报纸争相报道，英国的《泰晤士报》刊出头版大标题“科学革命——宇宙新理论——牛顿

理论大崩溃”。最可爱的要属美国人了,《纽约时报》不知道出于什么原因,派出一个专门采访高尔夫球赛的记者去采访爱因斯坦,结果这个“科盲”记者几乎把所有的知识都搞错了,并且错得离谱,最后文章居然还发表了,据说这是美国人接受相对论比别的国家较晚的原因之一。

## 没见过这么黑的洞

宇宙的神秘面纱被轻轻掀起了一个小角,人类就像一个好奇的小孩小心翼翼地往里面瞄了一眼,顿时从头震撼到脚。但是各位亲爱的读者,你仅仅是看到了真相的冰山一角,后面的风景才将真正挑战你思维的极限,让我们顺着时空弯曲这条道路继续往下,看看还有什么惊人的推论在前方。

通过水星进动现象和星光实验,我想我大概已经让你相信引力确实可以弯曲空间了。那么让我们顺着这根线索不要停止思考,继续深入下去。什么东西产生引力?对,是质量。质量越大,引力越强;引力越强,空间弯曲得越厉害。请把我们的宇宙空间想象成一张细密的网,任何有质量的物体就像一个球放在这张网上,这个球质量越大,体积越小,则在这张网上陷得也越深。刚开始只是像是一个小小的凹陷坑,但是随着下陷的深度越来越大,就会越来越像一个空间中的“洞”。

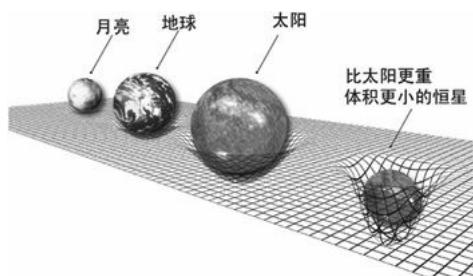


图5-11质量越大的物体在空间上造成的洞越深

任何掉进这个洞里面的东西想要出来,就好像井下的青蛙想要跳出来,就必须要达到一个能逃出来的最低速度,这个速度我们称之为逃逸速度。地球也会在宇宙空间中形成一个“洞”,不过地球质量很小,充其量也就是像沙滩上的一个屁股印,那么能够从地球上逃逸出去的速度是多少呢?这个在牛顿时代人类就会计算了(当时的人类并不知道引力是空间弯曲这个概念,当然更不可能有什么洞的概念,但是从研究运动和力的关系出发,同样能计算出逃逸速度),是11.2公里/秒,这也叫做第二宇宙速度,这个速度大约是民航客机速度的40倍,所以要发射卫星到太空去用飞机是不行的,非得用火箭才行。逃逸速度的值取决于天体的质量和半径这两个参数,所以用个形象思维就是一个同样重量的木球和铁球,因为铁球的体积要小得多,所以造成的洞就会深得多,因此要从这个洞中逃出来的速度也会大得多。大家想想,宇宙中跑得最快的东西是什么?上一章已经说过了,那就是光,没有什么东西比光的速度还快。那么有没有一种可能,这个洞是如此之深,逃逸速度比光速还要大,那么就意味着连光都休想从洞里面逃出来,那也就没有任何东西能从这个洞里面逃出来了,如果真有这样的洞存在,那么这个洞可真够黑的,永远是只进不出。德国天体物理学家史瓦西(Schwarzschild,1873-1916)首先开始思考这个问题,他也是爱因斯坦的粉丝之一,他仔细研究了广义相对论,通过广义相对论的引力场方程计算出来了名垂千古的“史瓦西半径”(史瓦西自己当然不会给这个半径取名叫史瓦西半径,这里先提前借用一下,如果我是史瓦西,宁可不要用我的名字命名,看到后面就知道了)。他的意思是说任何天体都存在这样的一个半径临界值,如果小于这个半径,那么它在宇宙空间这张网上抠出的这个洞就会成为一个名副其实的“黑洞”(黑洞这个词的正式出现一直要到1967年,笔者为了表述方便,提前借用,对严谨的学者们说声抱歉),这个半径的大小取决于天体的质量。史瓦西计算出来,说如果太阳的半径缩小到3公里的话,那么太阳就会成为一个黑洞,什么光也发不出来了,他还说如果把地球压缩到半径只有9毫米的话,那么地球也可以变成一个黑洞,任何物体,只要有质量,压缩到史瓦西半径以内,都会成为一个黑洞。史瓦西半径一公布出来,立即引起了包括爱因斯坦在内的很多天文学家和物理学家的兴趣,吸引了一大批科学家去深入研究这个恐怖的黑洞,只是我们可怜的史瓦西先生在算出史瓦西半径的当年就死于意外,年仅43岁,真是科学界的一大损失,为了纪念他,就把这个天体要成为黑洞的临界半径称之为史瓦西半径。

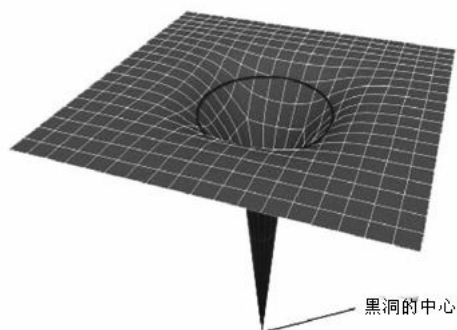


图5-12 黑洞原理

黑洞在一开始出现的时候，仅仅是作为一个方程的解存在的，也就是说黑洞仅仅是一个数学概念，宇宙中到底有没有这样恐怖的洞存在，谁也不知道，因为既然是黑洞嘛，就是完全不发光的，那么天文学家当然也就认为黑洞是永远无法观测到的。不过后来随着研究的深入，人们渐渐发现其实黑洞也是能观测到的，并且有很多方法。比如，黑洞虽然是全黑的，但是它的质量和引力是实实在在的，引力产生的空间弯曲效应可以通过观测它旁边的星光的扭曲来验证，黑洞就好像一个透镜一样，在宇宙中运动的时候，边上的星光都会被扭曲变形。再比如，黑洞如果与一个恒星相遇，则这颗倒霉的恒星会被黑洞一点点地吞噬掉，那个景象就好像一只猫在玩一个毛线球，把毛线一点点地抽出来一样。再到后来，英国大科学家霍金研究发现，黑洞其实不是全黑的，黑洞的两极会发出巨大的辐射流，当然这些辐射不是可见光，但是用射电望远镜可以检测到这些辐射流。所有上面说的这些方法都已经在这最近的几十年来被天文望远镜所证实，为了便于大家直观理解，我们来看一些经过艺术加工和夸张后的黑洞的图片：

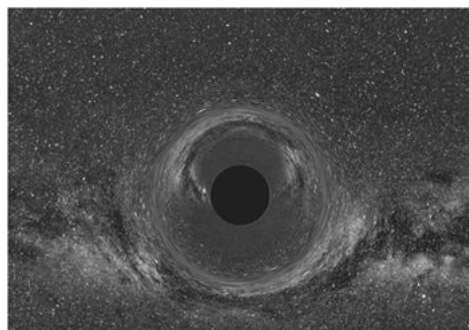


图5-13方法一：这个就是黑洞的透镜效应



图5-14方法二：被黑洞吞噬的恒星

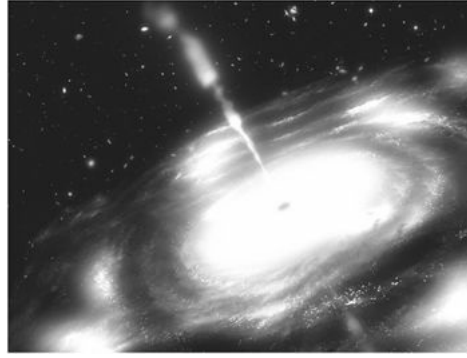


图5-15方法三：喷出巨大辐射流的黑洞

黑洞是广义相对论最重要的一个推论之一，一开始也是引起了巨大的争议，而且更由于刚开始大家普遍认为的不可观测性，所以怀疑的人就更多了（还记得我们在第一章说过的奥卡姆剃刀原理吗，如果一样东西永远无法被检测到，那就跟没有一样）。但是时至今日，已经没有任何人怀疑黑洞的真实存在性了。黑洞已经成为广义相对论和天文学研究的标准对象。

黑洞还有个特别有趣的性质。因为它的质量大到把时间和空间都扭曲成一个洞了，空间被弄成一个洞你还好理解点，不就是进去的东西出不来嘛，那时间被扭曲成一个洞你能想象得到是怎么回事吗？那就是在黑洞里面，时间停止了，准确地说，时间不存在了，时空在这个地方被打了一个死结（别再追问了，我也想象不出是啥样子）。假设有一个倒霉的宇航员不幸掉入一个黑洞，他在掉入黑洞的一刹那，从外面的观察来看，这个倒霉的宇航员的时间停止了，他的动作也停止了，他就像照片定格一样被永远定格在了黑洞的边缘，宇航员的亲人们永远也看不到他掉进去，宇航员的子孙后代世代代都可以看到这幅定格的恐怖画面（后代们抱着儿子指着黑洞边缘定格的画面说，看哪，儿子，这就是你18代祖宗）。但是，如果你是那个倒霉的宇航员，时间对你自己来说仍然是一样流逝的，你仍然会感到自己掉进去了。到底掉进去以后会发生什么，谁也不知道，你别问我了，如果你去问霍金，他会这么回答你：“所谓黑洞，就是一切永远无法了解的事件真相的集合。你明白了吗？”他看似回答了你的问题，其实跟我的回答是等价的。这个事情是不是很难以想象，外人（直到宇宙末日那天）都认为倒霉的宇航员永远处于将掉入未掉入的状态，而宇航员自己则认为自己掉进去了。

我说了，我们的思维不要停，继续往下深入，越往下想越神奇。让我带着你继续沿着上面的线索往下想，千万别走开，最神奇的事情马上就要发生了。

## 从黑洞到虫洞

黑洞就是宇宙这张大网中时间和空间形成的一个洞，你看，就像这样：

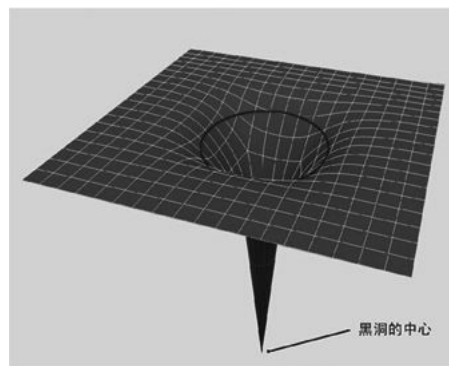


图5-16一个黑洞就像一个漏斗

越看越像一个漏斗。你有没有想过，如果宇宙中有两个这样的漏斗，刚好漏斗嘴对漏斗嘴接上了，会发生什么情况？

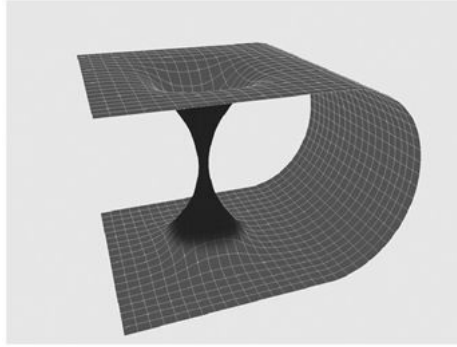


图5-17虫洞原理

爱因斯坦和另外一个叫罗森塔尔的美国物理学家一起研究发现广义相对论的方程中，有一个解可以从理论上允许这种情况的发生，物理圈子里面的人把他称之为“爱因斯坦—罗森塔尔桥”，说这个连接部位就像一座桥一样连通了宇宙空间中两个本来相隔得非常非常遥远的区域。我想起了前段时间看的一部美国大片《雷神托儿》中的台词：“我们那个世界把这个叫做彩虹桥，你们把它称之为爱因斯坦罗森塔尔桥。”但是很快人们就觉得，这个情景还是更像一个洞，只不过这个洞就好像一条虫子咬穿了一个苹果一样，这个比喻更形象，更深入人心。因此，这个爱因斯坦罗森塔尔桥大多数情况下都被叫做“虫洞”。

“虫洞”这个东西太神奇了，不但可以连通相隔遥远的宇宙空间，让你能突然从一个地方跨越几百光年出现在另一个地方，而且，它还能连通时间，让你从一个时间突然出现在另外一个时间，不光是从现在到未来，也有可能是从现在到过去。虫洞成了现在关于宇宙旅行和时间旅行的科幻小说的标准化理论，也成了地球上发生的无数古怪离奇的失踪案件和穿越事件的元凶，反正一切不可思议的事情都能用虫洞来解释，这个虫洞简直成了万能的。

但是让我们从理性的角度再看一下这个虫洞，我们会发现如果桥的两头都是两个黑洞的话，那有什么意义呢？你从洞的这头掉进去，你也无法从洞的那头出来，无非就是从宇宙的一个监狱跳跃到了另外一个监狱而已。除非，广义相对论的另外一个叫“白洞”的推论也能存在，所谓白洞就是刚好跟黑洞性质相反的一个洞，这个洞不停地把物质以辐射的方式“吐”出来（迄今为止尚未有任何直接或者间接的观测证据出现）。如果虫洞的一头是个黑洞，另一头是个白洞，那么你就有可能从黑洞这头掉进去，从白洞那头被吐出来，不过即便吐出来了，你也成了辐射的形式，也就是还原成为基本粒子。

看来，不论虫洞的两头是黑洞还是白洞，指望它来做真正的时间和空间旅行似乎死亡率都达到100%，看起来真是不够给力。于是为了让虫洞这个纯数学的产物能够更加富于浪漫色彩，更加便于科幻小说作家创作，最近10多年来有了无数种关于虫洞存在允许我们活着通过的可能性的理论问世，那真叫一个五花八门。

说老实话，我是没有辨别真伪的能力的，总之每个理论都被冠以很牛的名称，还会出现很多超级玄的名词，不过这些名词我大多数都不认识。不管怎样，人类最可贵的精神就在于无限的想象力，没有这些想象力，我们是不可能从茹毛饮血的古猿进化成能登上月球的万物之灵的。从这个角度来说，我们都应该感谢科学家、伪科学家、幻想家甚至妄想家。

## 压轴大戏

讲到这里，本章已接近尾声，让我们来梳理一下前面看过的那些风景。首先，爱因斯坦从对狭义相对性原理的不满意出发，把狭义相对性原理推广到了等效原理加广义相对性原理；然后从这两个原理出发，推导出了引力使时空弯曲，继而又推导出了黑洞这么个不知道什么玩意儿的玩意儿；再从黑洞想到了虫洞，于是时空旅行有了理论上的可能性。这么一路走来，风景越来越奇特，如果我们不是这么一路走过来的，而是从光速不变的时候就直接告诉你光速不变说明时空旅行有可能，你一定会嘲笑我是不是精神出了问题。但科学的神奇就在于一步步往前走的时候，觉得每一步都是合理的，过一段时间以后再回头一看，发现连自己都快不相信脚下这片神奇的土地了。难怪爱因斯坦会讲出下面这句名言：

“宇宙最让我难以理解的是居然它是可以被理解的。”

本章就到这里……

等等，等等，你突然大声叫起来，作者，你忘记了一件最重要的事情。

什么事？

压轴大戏啊，压轴大戏还没上演呢，前面两章都有压轴大戏的，这章怎么可以没有？不带这样的，压轴大戏必须要有的，否则我们就赖着不走了。

哈哈，就等你们这句话呢，压轴大戏自然是早就准备好了，而且这部压轴大戏是绝对可以堪称压轴的，我们要让整个宇宙成为我们的演员，我们要对宇宙本身的生死做出终极思考，好戏这就上演！

爱因斯坦在打通六脉神剑之后，很快就把目光投向了整个宇宙，他把整个宇宙当做是一个整体来研究，在深入地研究广义相对论的引力场方程后，他得出了一个让自己都无法相信的结论：宇宙不可能是稳定的。也就是说，如果手头的方程式是正确的话，那么我们生存的这个宇宙要么是在不断膨胀的，要么就是在不断收缩的，总之方程的所有解都不可能得到一个稳定状态的宇宙模型。爱因斯坦被自己亲手算出的这个计算结果震惊了，晚上连觉都睡不着。在爱因斯坦那个年代，人类对天文学的认识还仅仅停留在银河系内。当时的天文学家认为银河系就是整个宇宙，宇宙的尺度大约是10万光年的量级，爱因斯坦毕竟不是天文学家，他对宇宙的认识必然也局限于当时天文学的普遍认识。

爱因斯坦一边看着手中的方程式，一边抬头仰望苍穹，看着满天的繁星，他知道头顶上的这些星星在那里已经存在了亿万年，在有历史记录以来，星空都是同样的景象，北斗七星的勺子在大熊座上指引了人类上百年的航海史，就像一个忠于职守的灯塔老人，从来没有出过一次差错。这个深邃而美丽的宇宙始终给人一种沉着、稳定、永恒的精神力量，现在，在我手中的这个方程式里面，宇宙不再是那个忠于职守的灯塔老人了，宇宙居然是不稳定的，它要么收缩要么膨胀，这怎么可能呢？

爱因斯坦怎么也无法接受这种结论，宇宙的博大和深邃的宁静深深地震撼着他的内心。于是，爱因斯坦拿起笔，在方程式中快速地增加了一个“常数”，有了这个人为添加进去的常数，宇宙就是一个稳态的宇宙了，既不会膨胀也不会收缩，爱因斯坦长舒了一口气，合上本子，终于可以美美地睡一觉，做一个好梦了。

可惜，爱因斯坦的美梦没过几年就被一个叫做哈勃（Hubble, 1889-1953）的美国年轻天文学家打破。哈勃首先发现在仙女座附近的一片淡淡得像云一样的薄雾根本不是之前普遍认为的宇宙尘埃云，在最新的大型天文望远镜下面，这层淡淡的薄雾居然是由数以亿计的恒星组成的，这就是第一个被发现的银河系外的星系——仙女星系（圣斗士阿顺的小宇宙就是这个星系），距离我们有几十万光年之遥。很快，一个又一个星系被发现，而且一个比一个遥远，我们的宇宙比我们之前认为的显然要大得多。然而哈勃接下来的进一步发现才是重点。哈勃接着发现我们所能看到的所有星系都在远离我们而去，宇宙中所有的星系和我们之间的距离都在不断增大，而且距离越远的星系跑得越快。这一切只能有一个解释，那就是宇宙就像一个正在膨胀中的气球，每个星系都是气球表面的一个点，当气球膨胀的时候，每个点之间的距离都会增大，哈勃用他确定无疑的观测数据向爱因斯坦展示了这么一个事实：宇宙正在膨胀，而且是加速膨胀。

“当啷”一声，当爱因斯坦读到哈勃的论文时，手中的酒杯落地摔得粉碎。天哪，宇宙竟然真的不是稳态的，而我，居然天真地在我的方程式中画蛇添足地加上了一个常数，这真是一个不可饶恕的错误。

爱因斯坦在晚年的回忆录中，把这个错误称之为一生中最大的错误。但恰恰是这个错误，反过来证明了广义相对论的伟大，它对整个宇宙模型的预言居然如此之精准，而且这么快就被天文观测数据所证实。既然宇宙是在膨胀中的，那么就是说明天的宇宙会比今天的大，换句话说，今天的宇宙比昨天的大，昨天的宇宙比前天的大，如此往下一直想下去，就跟没有什么东西能阻止宇宙的膨胀一样，也没有什么东西能阻止前一天的宇宙小于后一天的宇宙。

既然是这样，那么是不是宇宙会有一个诞生的时刻，先从很小的一个点开始，然后突然就爆炸出来？这个疯狂的宇宙大爆炸想法首先被一个叫做勒梅特的比利时学者公布出来，但名不见经传的勒梅特的声音并没有引起世人太多的注意，直到几十年后有两个美国人（彭齐亚斯和威尔逊）在新泽西州滋滋作响的天线上无意中发现了宇宙微波背景辐射，宇宙大爆炸理论才从一个疯狂的想法变成了一个有实验数据支撑的硬理论。这里面又有一个很长、很精彩、很有趣的故事，但这毕竟跟本书的主题关系不大，或许各位读者可以在我下一本讲天文和宇宙的书看到这个精彩的故事。

爱因斯坦的宇宙常数被爱因斯坦自己称之为一生中的最大错误，然而富有戏剧性的是，在爱因斯坦死后很多年的最近几年，最新的理论却又让这个宇宙常数死而复生，爱因斯坦原本人为了加上的这个常数居然是冥冥之中的箴言，在今日的宇宙学研究中起着举足轻重的作用。但这个宇宙常数的复活有着复杂的背景和故事，并不是说广义相对论有什么错误，这里面也有一个精彩异常的故事，或许我会有机会在下一本书中写出来。

宇宙竟然有一个起点，这个起点用科学家的话说叫做“奇点”。（我也不知道该念jī还是qí，好像说法不统一，有说是奇异的意思，所以念qí，有说是单独唯一的意思，所以念jī，总之英文是singular point。虽说从英文含义上看，奇偶的意思更接近一点，但是据笔者的考证，国内的主流刊物似乎更支持奇异点的意思。这个读法倒是无关紧要的，反正我们都是业余的，念jī也好qí也好，不影响理解意思就好。）

宇宙诞生于一场疯狂的大爆炸，这个大爆炸的强度之大超出了人类的任何想象力，大爆炸完了就是无休止的膨胀。请注意，我这么描述宇宙你们是否听出来了，我有一个潜台词，那就是宇宙不是无限的，宇宙是有大小的，而且大小还是不固定的。

一旦说到宇宙是有限的，1000个人里面999个人会问一句话：“那么，你说宇宙的外面又是什么，你说宇宙诞生于一个奇点，那么奇点的外面又是什么呢？”我知道各位亲爱的读者此时心中正在发出同样的疑问。

今天，我一定要让你把这个问题想清楚了，而且以后你再遇到女生们向你问出同一个问题，你也能跟

他们解释得清清楚楚，要知道，能把这个问题解释清楚可是一种高深的体现，有助于你博得她们的欢心。

爱因斯坦的回答是：宇宙有限无界。但是这么回答总是无法让女生们感到满意，她们实在无法想象出有限无界到底啥概念，于是经常有人打这样的比方，说我们就像一只在篮球上爬啊爬的蚂蚁，永远爬不到尽头，但是篮球却是有限的，这么回答会让女生们稍稍感觉好一点点，但也就是那么一点点而已，因为她们还是会追问：“那么篮球外面又是什么呢？”你要这么回答她们：“姑娘，请你想象一下，你来到了一间又大又宽敞的房间，当你正谋划着怎么把房间布置得漂漂亮亮的时候，突然发现这里有一些奇怪，你朝前方望去，发现远远的地方有一个人的背影，那个人的背影怎么越看越像你自己呢，然后你回头朝后望去，发现远远的也有一个人在回头朝后望，那个人分明就是自己，于是你开始怀疑自己的身后远处放着一面镜子。你抬头朝天上望去，发现天上也站着一个人，鞋底对着你，那双鞋分明就是你自己脚上穿着的这双鞋，你吓了一跳，显然天上不是镜子，要是镜子的话，看到的应该是自己的脑袋而不是鞋底才对，你低头朝自己的脚下一看，这次真的是吓了一跳，脚下是透明的，脚下远远的地方看到一个人也站着呢，脑袋对着自己，这次你看得很清楚，那个人就是自己，绝对没错，这下你明白过来原来自己前方那个背影就是自己的背影，肯定错不了。为了证实一下，你开始朝前跑，想跑到那个人那里去看个究竟，但是你一跑，前面那个人也开始跑了，当你跑到前面那个人站着的位置时，发现这个地方跟刚才自己出发的地方一模一样，而‘你自己’仍然在前方站着呢。不管你朝后、朝左、朝右，甚至是向上飞起来，向下钻下去，其结果都是一模一样，你来到的是一个无限循环的空间，这个空间永远也跑不到头，但是你分明能感受到这是一个有限的天地，你被困在这里了（有没有让你想起电影《黑客帝国3》中的那个地铁站呢）。”

是不是觉得有点恐怖？很遗憾，我们的宇宙正是这样一个空间，但是我们宇宙的这个空间要比刚才那间房子大很多很多，从这里出发的话，光也至少要走140亿年才能回到原点。这是和爱因斯坦生活在同一时代的德国大数学家希尔伯特（Hilbert, 1862-1943）首先构想出来的空间，被称之为“希尔伯特空间”，它很好地描述了我们这个宇宙有限而又无界这个实质，希望希尔伯特有助于你博得女生们的好感。

从光速不变这个起点出发，一路走来，最后，我们竟然看到了恢弘的宇宙大爆炸，又看到了一个神奇的有限无界的空间，但请相信我，更神奇的事情还在后面，从第7章开始，我将带你去领略难以想象的神奇，在本章的结尾，请允许我用爱因斯坦式的口吻写下这么一句话作为本章的结束语：

这个宇宙的最神奇之处就在于它比我们所能想象到的还要神奇！



## 第六章 红色革命

爱因斯坦和中国曾经有过亲密的接触，而相对论在中国则有着一段不平凡的历史，这段历史从和风细雨开始，逐步演变成了狂风暴雨。相对论从一个科学理论变成了政治斗争的工具。爱因斯坦先是被中国人奉为革命者，他的相对论革了牛顿的命，但是很快，无产阶级又要革了相对论的命。

让我们来回顾一下相对论和中国的历史，这是一段中国人寻求科学的坎坷道路，这条道路曾经沾满鲜血，我们不应该忘记。

（本章的故事采用了小说常用的适当艺术夸张手法，以及集多个历史真实人物于一个人物的普遍写法，但本章的所有故事以及历史背景均取材于真实史料，主要参考自胡大年（美）著《爱因斯坦在中国》。）

1922年12月，东京，帝国饭店。

在一间窗明几净的套房里，一位举止优雅的贵妇人正在冲泡咖啡，她有着一张雅利安人和犹太人混血的脸，她小心翼翼地把牛奶倒进浓浓的咖啡。看得出来，她很在意倒入的分量。倒完牛奶，妇人用一把精致的小勺轻轻搅拌，搅拌完毕，她轻轻地放下了勺子。

贵妇人端着咖啡走到窗边，说：“亲爱的，请喝咖啡，还是没有消息吗？”

一位中年男子坐在沙发椅上，嘴里叼着烟斗，聚精会神地看着手中的一些文件，听见妻子的问候，他抬起头来，放下文件接过咖啡，露出微笑，说：“艾尔莎，谢谢你，亲爱的。”

这位中年男子正是大名鼎鼎的阿尔伯特·爱因斯坦，他受日本最著名的几所大学的联合邀请来讲学，已经住了一个月了，在日本掀起了一阵又一阵关于相对论的热潮。此刻，他却正在焦急地等待着来自北京的消息。一年多前，北京大学校长蔡元培先生曾经到柏林拜访了爱因斯坦，并且和爱因斯坦约定在今年日本讲学完毕后就去北京大学讲学。爱因斯坦知道此时的中国时局动荡，军阀混战，他不知道北京方面是否已经安排好了他的讲学行程，也不知道蔡元培先生是否安好，虽然心中总有一些不祥的预感，但爱因斯坦仍然非常渴望能到北京大学讲学，他对古老而又神秘的中国充满了好奇。一个月前，爱因斯坦曾经路过上海，在上海做了短暂停留，但毕竟只是在中国最大的沿海城市上海走马观花了一下，远远不能满足他对中国内地的好奇心。

艾尔莎说：“听说北京那边正在打仗，有一个叫做什么直系的军阀和一个什么奉系的军阀为了争夺北京城的控制权在北京附近打仗。”（编者按：1922年4月，第一次直奉战争）

爱因斯坦说：“我也听说了，但蔡校长的为人我是很清楚的，他对我们之间的约定必会有一个交代，虽然中国的时局不稳定，此行可能也会有一定的风险，但是我真的是很想去亲身体会一下东亚文明的发源地，亲眼看一下古老中国的心脏。”

艾尔莎说：“亲爱的，我非常理解你的心情，我也非常愿意跟你去北京。不过，耶路撒冷那边已经来过很多个电报了，希望你尽快定下去希伯来大学的时间。”

爱因斯坦说：“我知道，他们是想让我出任希伯来大学的校长，我想我还是更适合从事学术研究的工作，不过毕竟是犹太同胞的邀请，我怎么都应该去一趟，让他们再等一两天吧，如果实在得不到北京那边的消息，我就正式电复他们。”

突然，响起了一阵敲门声。

艾尔莎打开门，看见了他们熟识的石原纯教授。

石原纯说：“爱因斯坦先生，我刚刚得知一些来自中国的最新的消息，特地来告诉您。”

爱因斯坦说：“请讲，石原纯教授。”

石原纯说：“中国的中央政府由于财政危机，连年拖欠教育经费。最近包括北京大学在内的八所北京高校联名向政府抗议，并且由蔡元培校长领头与黎元洪总统进行了谈判，但谈判结果似乎并不能令蔡校长满意。我今天刚刚收到可靠的消息，包括蔡校长在内的八所北京高校的校长向政府联名递交了辞呈，爱因斯坦先生，很遗憾，我认为去年蔡校长跟您的约定恐怕北京大学很难履约了。”

爱因斯坦说：“您的消息确实可靠吗？”

石原纯说：“绝对可靠，我是从中国那边邮寄过来的报纸上看到的，这条新闻是中国各大报纸的头条。”

爱因斯坦说：“这就难怪了，这可真是让人感到沮丧的消息，不过，还是谢谢您，石原纯教授。”

送走了石原纯后，爱因斯坦叫来了助手，亲自写了一封电报让助手发往耶路撒冷，告知他们本月底，自己将从日本取道上海，从上海直接去耶路撒冷。

三周前，北京。

北京大学校长蔡元培今天心情特别好，这半年来一直为了教育经费的事情跟中央政府周旋，今天终于拿到了拖欠半年之久的教育经费。他算算日子爱因斯坦已经在日本讲学了，应该给爱因斯坦发封欢迎信，

以确定来京的行程，为了表示隆重，蔡元培在起草完了欢迎信后，又邀请了北京的各界名流亲笔签名。欢迎信的全文如下：

（编者按：此为真实信件全文）

尊敬的爱因斯坦教授先生：

您在日本的旅行及工作正在此间受到极大的关注，整个中国正准备张开双臂欢迎您。

您无疑仍然记得我们通过驻柏林的中国公使与您达成的协议。我们正愉快地期待您履行此约。

如能惠告您抵华之日期，我们将非常高兴。我们将做好一切必须的安排，以尽可能减轻您此次访华之旅的辛劳。

北京大学校长 蔡元培

由于不知道爱因斯坦在日本确切的地址，蔡元培把这封信发往了中国驻日本的公使，希望由公使代为转交爱因斯坦先生。

但是没想到这封信到了日本后，一直被压在大使馆的文书保管处，没有受到足够的重视，当时中日关系非常微妙，大使馆每天要处理大量的政治、军事情报，对一封来自北京大学的信件，并且目的是为了学术交流，因此并没有怎么放在心上。直到报纸上刊登出爱因斯坦圆满完成在日本的讲学准备离去的消息时，才有人记得这里还有一封要转交给爱因斯坦的信件。

当爱因斯坦在12月22日最终看到这封信的时候，他已经和希伯来大学敲定了抵达耶路撒冷的日期。爱因斯坦读完蔡元培的信，感到非常的懊丧，犹豫再三，考虑再三，还是怀着沉重的心情给蔡元培写了复信，信中表达了他无比的歉意，并且表示希望将来能有弥补的机会。

12月31日，上海。

上海的冬天阴冷潮湿，尤其是刚刚下过一场雨，天阴沉沉的，北风直往人的脖子里面钻。

一艘从东京驶来的邮轮抵达了十六铺码头。今天码头上来了很多犹太青年，这些犹太人都是这几年陆续从德国远跨重洋，为了逃避迫害而来，他们非常感谢中国政府慷慨地允许他们在上海定居。今天，将有一位重要人物抵达上海，他是所有犹太人的骄傲，他也是全世界最出名的科学家。

爱因斯坦在船舷上刚一露面，就听见码头上传来一阵欢呼声，几十个青年人在用德语大声地跟他打招呼。爱因斯坦感到一阵亲切和温暖，似乎这里不是遥远的东方，而是回到了柏林。

上海的犹太人青年会和几个由西方人组成的业余学术研究团体为爱因斯坦召开了欢迎会，并且邀请爱因斯坦在新年来临的元旦晚上为他们做相对论的演讲。尽管第二天就要坐船前往耶路撒冷，爱因斯坦还是接受了这个请求。

元旦这天晚上，在租界的工部局大讲堂，几百人的会场座无虚席，几乎全是犹太人和西方人，只在讲堂的一角，有这么几个来自同济医工学堂（今同济大学前身）的中国学生，由于是德国人办的学校，所以是全德文授课。听众中大多数人根本不知道相对论为何物，也没有学过最基本的物理知识，他们只知道爱因斯坦是当今世界首屈一指的科学家，今天要来跟大家讲最高深的知识。那几个中国学生也特别兴奋，其中有一个叫做魏嗣銓（魏嗣銓，字时珍，著名的数学教育家，曾任留德学生会会长，是最早把相对论介绍到中国的人）的大学生尤其显得兴奋，他正是《少年中国》杂志的相对论专号的主编。他早在一年前就从英国大学者罗素在中国做的多场相对论的演讲中受益匪浅，正是罗素用通俗的语言把相对论首次传播到了中国，而且在解释爱丁顿如何验证爱因斯坦提出的星光实验时，讲得深入浅出，跌宕起伏，给魏嗣銓留下了很深的印象。魏嗣銓从那以后就爱上了物理学，尤其是对相对论充满了求知欲。他还曾经给爱因斯坦写过信，向爱因斯坦索取照片，爱因斯坦居然回了信，并且真的给了他一张照片，魏嗣銓收到回信时高兴得跳了起来。今天魏嗣銓有幸能见到爱因斯坦本人，那真是兴奋极了，他伸长了脖子等着偶像爱因斯坦的出现。

在听众们热烈的掌声中，爱因斯坦走上了讲台，开始用德语演讲。爱因斯坦首先介绍了牛顿的绝对时空观，然后由此讲到了以太在迈克尔逊和莫雷实验中遇到的困难，接着爱因斯坦抛出了自己的观点：以太是不存在的。爱因斯坦说：“我有三个最基本的原理，一是光速在任何参考系中都恒定不变，二是物理规律在任何参考系都不变，三是引力和加速度是完全等效的，从这三个原理出发，我们就可以得出一系列惊人的推论。”

刚开始，爱因斯坦用生动的比喻介绍同时性在不同的参考系中不成立时，听众们还勉强能听懂。但是随着演讲的深入，爱因斯坦不得不用大量的数学知识，来讲解时间为什么会变慢，空间为什么会收缩，以至于后来讲到引力使时空弯曲的时候，用到的都是微积分的方程式，越来越多的听众开始进入梦乡。好在最后爱因斯坦讲起大家早就耳熟能详的星光实验，讲起了爱丁顿的远征队，总算把一部分观众从睡梦中唤醒。爱因斯坦2个小时的讲解，让魏嗣銓听得如痴如醉，虽然这些知识对他而言不算陌生，但是今天能听见爱因斯坦亲口说出来，那个感觉仍然非常美妙。

最后是提问时间，一开始还能有几个懂科学的西方人提出一些粗浅的数学问题，但是随着提问的继续，很快就逐步演变成一场奇怪的问答。问题千奇百怪，几乎跟相对论毫无关系。所有人都把爱因斯坦当做能通晓天下一切奇事的神人，以至于爱因斯坦在回去后对艾尔莎说“今晚的演讲就是一场愚蠢的滑稽戏。”

有人问：“请问博士，人能飞吗？”

爱因斯坦回答：“地球的引力是始终存在的，要摆脱它就需要消耗能量。”

有人问：“人有灵魂吗？”

爱因斯坦回答：“这个问题科学无法回答。”

有人问：“以太能转化成食物吗？”

爱因斯坦回答：“以太是不存在的，你刚才一直在睡觉吧？”

问题越来越不像话，爱因斯坦有点窘迫，不知道该怎么结束这场演讲，就在此时，他看到一个年轻的中国人挤到前台来，拼命地举手，爱因斯坦示意他提问，心里已经做好了回答更可笑问题的准备。这个中国小伙子用德语流利地问道：“请问教授，如果按照您的引力场方程，在宇宙整体“张量”没有反作用力的情况下，整个宇宙是否意味着要么收缩要么膨胀呢？”

爱因斯坦大吃一惊，心想，中国居然还有这样的人物，太不简单了，这个问题正是爱因斯坦一直在苦苦思索的问题，没想到今天在上海从一个年轻的中国小伙子嘴里问出来。爱因斯坦说：“关于这个问题，我很难回答，从方程式的角度来说，是的，宇宙很难维持稳态，但是我想这里面恐怕没有我们想的那么简单，一定还会有些别的因素存在，年轻人，请问，你叫什么名字？”

小伙子答道：“我叫魏嗣銮，先生，我们通过信。”

爱因斯坦想起来了，是曾经收到过这个中国人的一封信，他还寄了一张照片给这个中国人。爱因斯坦对魏嗣銮说：“你很了不起，魏嗣銮先生，你将来一定能做出巨大的贡献，有机会来欧洲留学吧，欧洲很多大学都会欢迎你的。”

讲演会结束后，魏嗣銮带着激动的心情回到了学校，一晚上都兴奋得睡不着觉。“我不但问了爱因斯坦问题，还被爱因斯坦称赞了，是的，我要像先生一样，成为一位物理学家，我要去欧洲留学，我要到世界科学的中心去学习物理学，学习相对论。”魏嗣銮暗下决心。

半年后，魏嗣銮以优异的成绩从同济医工学堂毕业，并且考取了公派赴德国的留学生资格，他将到法兰克福大学攻读物理学。

临行前，魏嗣銮最后一次参加了进步团体少年中国会的集会，得知他要到德国留学的消息，众人纷纷过来道贺。一位穿着长衫浓眉大眼30岁左右的青年人走过来对魏嗣銮说：“小魏，祝贺你，我刚加入少年中国会不久，你主编的相对论专刊我都看过，受益匪浅，虽然我是学文科的，看得不是很明白，但是我还是能感受到你的才华。希望你早日学成回来，我们能再相见，我们民族的希望在于开启民智。”

魏嗣銮说：“谢谢，谢谢，我一定会回来的，请问您是？”

那人回答：“我叫毛泽东。”

魏嗣銮正要再多说两句，听见有人在喊他：“嗣銮，到这里来。”这是他的大学同学李柯在叫他，魏嗣銮快步走过去，李珂跟魏嗣銮说：“嗣銮，给你介绍一下，这是来自清华大学的周培源，他是宜兴人，中学是在上海的圣约翰大学读的，他学的也是物理学，这几天刚好在上海，听说我们今年听过爱因斯坦的演讲，很想跟我们打听情况。”

魏嗣銮说：“很高兴认识你。”

周培源说：“魏大哥，你很优秀，是我学习的榜样，等我毕业后，我也要出国留学，我们将来一起为中国的物理学做一点事情。”

魏嗣銮说：“这也是我的理想！”

两个月后，魏嗣銮顺利地来到德国，进入法兰克福大学攻读物理专业，但是很快他就在学术上感到不满足，接着又以优异的成绩考入有着数理王国之称的哥廷根大学（了解物理发展史的读者都知道这所大学的分量），成为了该校历史上第一位中国留学生，他的导师中有玻恩、希尔伯特这样的世界级大师。在学习之余，魏嗣銮对社会活动也特别热衷，他和好友一起发起成立了“中德文化研究会”，旨在促进中德文化交流，同时他还被推举为留德学生会的会长，在留学生圈子里面，提起魏嗣銮那真是无人不知无人不晓。

这一天，魏嗣銮的宿舍附近搬来了几位新来的中国留学生，魏嗣銮得知后立即去探望。他敲开门后，一个中国人站在面前，只见此人40岁上下，国字脸，浓眉大眼，气宇轩昂，头发根根竖起，一脸的正气，魏嗣銮不仅倒吸一口凉气，立即产生一种敬佩之意。

魏嗣銮恭敬地说：“我叫魏嗣銮，请问大哥怎么称呼？”

来说：“魏嗣銮，早就听说你的大名了，我虚长你几岁，岂敢当大哥啊，你叫我朱德就行了。”

此人正是未来名震天下的朱德元帅。

上边就是当时朱德在哥廷根留学时的照片。魏嗣銮很快就和朱德结下了深厚的友谊，并且一直帮助朱德补习德语，他深深敬佩这位性格刚毅的大哥。朱德后来成为新的留学生会会长，并领导留学生学习马克思主义，参加革命运动，两次遭当局逮捕，全靠魏嗣銮多方奔走解救。



魏嗣銓经过四年的攻读，以一篇高质量的博士论文《在平均负荷下四边固定的矩形平板所呈现的现象》获得哥廷根大学的数学和物理双料博士学位，这篇论文对弹性力学和建筑领域贡献很大。

毕业后魏嗣銓回到了自己的母校同济大学教授数学和物理，成为中国数理界的后起之秀，名重一时。他编著了中国第一部讲授偏微分方程的教科书，他也是当时中国少数能把相对论讲得深入浅出的教授之一，深受学生的爱戴。

然而，当时的中国虽大，却越来越容不下一张平静的书桌。1937年，抗日战争爆发，魏嗣銓和很多人一样不得不走上流亡大学的道路。即便是在流亡的路上，他也仍然勤奋地著书立说，教书育人。这一年，魏嗣銓跋山涉水来到昆明，清华、北大、南开三所中国最知名的大学在这里成立了西南联大，集中了当时几乎全中国的学界精英。映入魏嗣銓眼帘的是家徒四壁的校舍、只有几百本书籍的图书馆、空荡荡的实验室，尽管如此，师生们的热情和学习精神依然不减，在这样艰苦的条件下仍然有相当质量的论文不断从这里产出，魏嗣銓不时被眼前的景象感动着。

突然，一阵凄厉的警报声响彻四周，日军飞机轰炸了！魏嗣銓立即随众人一道往防空洞跑去，还没来得及跑进防空洞，已经听得炸弹爆炸的巨响在不远处传来，头上明显地感到沙土如雨点般地落下，打得生疼。魏嗣銓刚跑进防空洞，身后就落下一颗炸弹，一声巨响，魏嗣銓直感到一股气浪从身后袭来，像有一张无形的大手把他推进了防空洞，魏嗣銓禁不住冷汗直冒。正当他惊魂未定之时，突然听见有一个声音在喊他：

“嗣銓兄，前面的可是魏嗣銓？”

魏嗣銓回过头去，只见一个教授模样的人在冲他招手，依稀觉得非常面熟。魏嗣銓当即答应到：“我是魏嗣銓，您是哪位？”

“不记得我了吗？我是周培源啊，我们在上海少年中国会上见过面。”

魏嗣銓说：“啊，原来是培源，你也在这里，实在是太巧了。”

周培源快步走过来，紧握魏嗣銓的手说：“嗣銓兄，真没想到在这里见到你。你的文章和著作我早有拜读，你堪称我辈的楷模啊。”

魏嗣銓说：“培源过奖了，你是怎么来到这里的？”

周培源说：“说来话长，我过去数年一直在美国留学，先后在芝加哥大学、加州理工学院、普林斯顿大学学习，前两年刚刚回国，一回国就遇到了七七事变，我只好率全家老小远避此间，我现在在西南联大教书。”

魏嗣銓说：“普林斯顿？听说，爱因斯坦博士为了免受纳粹的迫害，去了美国，就住在普林斯顿，你见到他了吗？”

周培源说：“我正是仰慕爱因斯坦博士的学识，才特地去的普林斯顿，在那里的一年，我参加了爱因斯坦博士亲自主持的广义相对论高级研讨班，经常有机会听博士的亲身教诲，实在是令我受益匪浅。”

魏嗣銓说：“真是令人羡慕的经历啊，博士是否安好？”

周培源说：“爱因斯坦博士身体非常健康，他对中国的局势非常关注，对中国抱有很大的同情。嗣銓兄，你对现在的时局如何看待？”

魏嗣銓说：“西安事变后，国共合作，国民党在正面的阻击战虽然节节败退，但是至少打破了日本人一年消灭我们的痴心妄想。而在敌后，共产党的毛泽东主席和朱德司令员指挥的游击战打得有声有色，毛泽东与我曾经在上海都有过一面之缘，此人深谋远虑，处处高人一等，他必能让日本鬼子尝到中国人的厉害。而朱德总司令与我熟识，我在德国留学期间曾经与他共处很长一段时间，朱总司令是位百年难遇的将帅之才，我对他深为敬佩，有他率领我中华将士在前线浴血奋战，我倍感放心。”

周培源说：“嗣銓兄高见，我也跟你一样，觉得共产党很了不起。”

正如魏嗣銓预料的那样，长达八年的抗日战争在国共两党的合作下，取得了最后的胜利，而朱毛领导的共产党一天比一天壮大，军事力量日渐强盛，他们在北方领导的红色革命深得民心，越来越多的高级知识分子偏向共产党，对国民党的腐败切齿痛恨，延安成了很多知识分子心中的圣地。

不久，国共内战爆发，仅仅三年后，新中国宣告成立，国民党逃到台湾。

1951年，在周恩来的亲自安排下，魏嗣銓回到了老家四川，出任四川大学的数学系主任。

新中国的一切都是在废墟上建立起来的，百废待兴，魏嗣銓虽然年过半百，仍然把一腔热情投入到了新中国的数理教育事业上，著书立说，诲人不倦。

1966年5月16日，四川大学。

年逾70岁的魏嗣銓教授正在家中阅读最新的科技期刊，此时收音机里传来了中央人民广播电台播音员威武有力的声音：

我国正面临着一个伟大的无产阶级文化革命的高潮。

.....

毛主席经常说，不破不立。破，就是批判，就是革命。破，就要讲道理，讲道理就是立，破字当头，立也就在其中了。

.....

全党必须遵照毛泽东同志的指示，高举无产阶级文化革命的大旗，彻底揭露那批反党反社会主义的所谓“学术权威”的资产阶级反动立场，彻底批判学术界、教育界、新闻界、文艺界、出版界的资产阶级反动思想，夺取在这些文化领域中的领导权。

.....

混进党里、政府里、军队里和各种文化界的资产阶级代表人物，是一批反革命的修正主义分子，一旦时机成熟，他们就会要夺取政权，由无产阶级专政变为资产阶级专政。这些人，有些已被我们识破了，有些则还没有被识破，有些正在受到我们信用，被培养为我们的接班人，例如赫鲁晓夫那样的人物，他们现正睡在我们的身旁，各级党委必须充分注意这一点。

.....

（编者按：《五一六通知》部分内容摘取）

魏嗣銓放下手中的期刊，陷入沉思，他隐隐地感到内心有一些不安，这些不安来自哪里，他一时想不明白，总感觉中央似乎有些小题大做了。魏嗣銓的不安很快就得到了进一步验证，一个个让他瞠目结舌的消息接踵而至。首先，一个名叫“‘批判自然科学中资产阶级反动观点’毛泽东思想学习班”的小组在北京中科院成立，接着，这个小组开始把批判的矛头转向代表着自然科学的最高成就相对论，小组领头人是孔令华，很快，这个小组就被孔令华简称为“批判相对论学习班”。

四川大学也不再平静，大字报的数量一天比一天多，学校已经无法进行正常的教学活动，一群群激进的学生喊着口号四处游行。

年迈的魏嗣銓教授对眼前的乱象除了叹息，更深感无能为力。这天，他走在校园里，看到四处张贴着一张内容相同的大字报，鲜红色的纸上写着黑色的大字：

把自然科学理论中的资产阶级反动观点批深批透，才能在政治上、思想上、理论上彻底摧毁资产阶级知识分子的统治，从而巩固无产阶级在自然科学领域对资产阶级的专政。人类历史上任何一次自然科学革命都无法与之比拟的无产阶级科学革命，即将出现在世界东方辽阔的地平线上。这将是历史上第一次在无产阶级专政条件下，在彻底进行社会主义革命的形势下开展起来的科学大革命。

这张大字报让魏嗣銓感到很不可理解，他不反对革命，他亲眼看到过去几十年在中国这片辽阔的土地上，红色革命带来的崭新面貌。但是，难道科学也分无产阶级的科学和资产阶级的科学吗？自然科学、数学和物理是没有阶级、种族、国家之分的，科学就是科学。一个微分方程，一个物理实验不论是在中国还是在美国，它们的含义，它们的结论都是一样的，这是宇宙的自然规律。

然而，除了摇头，他这个年逾古稀的老人又能做什么呢？

学校已经停课了，回到家中，魏嗣銓开始在书房整理自己的著作打发时间，他掸了掸自己在1936年完成的中国第一本大学微积分教材《偏微分方程式理论》上的灰尘，重新放回书架，又拿起了自己在1958年主编的《相对论》，随手翻看了起来。

突然，一阵急促的敲门声惊醒了他，妻子慌忙出去开门。

只见一群学生站在门外，个个穿着草绿色的军装，手臂上别着红袖章，为首的一人大声问道：“这是魏嗣銓的家吗？”

魏嗣銓迎出去，说：“我是魏嗣銓，请问你们有何贵干？”

学生们盯着魏嗣銓手上的《相对论》，为首的那人说：“你就是教授相对论的魏嗣銓吧？我们今天来这里正是要跟你谈一谈相对论。”

魏嗣銓不明所以，误以为学生们有问题来询问，热情地说：“可以，可以，你们想问什么？”

一学生说：“相对论声称光速不变对吗？”

魏嗣銓说：“是的，这是相对论的原理之一，虽然是一个假设前提，但是已经得到了很多实验数据的支持，首先是1887年迈克尔逊和莫雷.....”

一学生高声打断魏嗣銓的话，说：“光速绝对不变这是地地道道的主观主义诡辩论，是唯心的，违反了马克思唯物辩证法的运动论。”

魏嗣銓说：“光是一种电磁波，它的传播速度取决于介质，在真空中，光速不变已经得到了很多实验数

据的支持。”

一学生厉声说：“魏嗣銓，你在宣扬永恒论，光速不变就意味着资本主义社会是人类的终极社会，垄断资本主义生产力不可超越，西方科学是人类科学的极限。”

另一学生说：“相对论的大前提是哲学的相对主义，相对论的时空论是资产阶级的唯我论，毛主席在1937年就批判了相对论。”

魏嗣銓说：“毛主席曾经读过我编写的相对论文章，他亲口跟我说过他觉得相对论让他受益匪浅，而且1937年毛主席的讲话我看过，他批判的是相对主义，不是相对论。”

为首的学生厉声喝到：“魏嗣銓你这是公然与革命为敌，爱因斯坦就是西方资产阶级学术的代言人，是反动权威，你维护他的理论是没有前途的。无产阶级一定能牢牢占领自然科学的全部阵地，你们这些资产阶级学术的走狗连做梦都想不到的一个个崭新的科学理论，必将迅速地发展起来，自然科学发展的真正新纪元一定会首先在我国到来！”

魏嗣銓不愿意再多说了，看着这些充满理想、满怀热忱的学生，他不知道该说什么好，只能在心里为这些学生叹息。

学生们走后，魏嗣銓长久地伫立在书架前，看着自己编著的一本本自然科学的著作，他仍然想不通党和政府为什么要批判自然科学，他对党的政策一向是拥护的，他对很多西方资产阶级的腐朽思想也一贯反对，然而自然科学是他心中的圣地，这和封建残余、思想糟粕完全不可等同而言。

魏嗣銓更想不到的是，一场更大的针对他的运动正在酝酿。很快，就有人通知魏嗣銓参加一次全校师生的集会，集会的内容说的是关于深入学习中央文革小组精神的万人大会。魏嗣銓的妻子已经嗅出了一丝危险的气息，她对魏嗣銓说：“老魏，这个集会你还是称病别去参加了吧，我很担心这次集会不利于你。”

魏嗣銓说：“我勤勤恳恳教书育人几十年，我对国家的贡献大家有目共睹，我相信党和政府会对我有一个公正的评价。况且，这次集会是学习文件精神，不是专门针对我的。”

魏嗣銓爱人说：“那你一定要学会忍耐，不要随便说话。”

魏嗣銓说：“知道了。”

魏嗣銓和妻子道了声别，迈着缓慢但仍然稳健的步伐出了门。他来到会场的时候，会场已经是万头攒动，学生们都穿着绿军装，戴着红袖章，每个人手里都拿着一本红色的毛主席语录，眼前是一片红色的海洋。在会场的大黑板上写着两行大大的标语：无产阶级文化大革命万岁！夺取无产阶级自然科学革命的伟大胜利！

魏嗣銓一到会场，便被几个学生拉到了前台，也没有凳子，只能站在那里，后面有几个学生把持着会场的大门。魏嗣銓沉着地站着，面对着同样在前台站着的男男女女的几个青年学生，他从面前学生们的脸上看到的是一种革命的亢奋表情。

校革委会王主任挥手示意大家安静，对着话筒大声说：“毛主席教导我们：敌人反对的我们就要拥护，敌人拥护的我们就要反对。中央文革小组下发了重要指示，一切西方资产阶级的反动学术都要彻底批倒批臭，只有无产阶级的科学才是真正正确的科学。以相对论为代表的西方资产阶级自然科学是无产阶级必须反对的，尤其是相对论，它就是西方资产阶级自然科学的典型代表，批倒了相对论，就是批倒了西方资产阶级理论的根基。我们今天就要革了相对论的命。你们面前的魏嗣銓就是相对论的反动学术权威，我们无产阶级革命小将绝不能被权威吓倒，任你再大的权威，你代表的始终是腐朽的、落后的资产阶级思想，我们都不怕。今天，我们就是要和相对论的权威辩一辩相对论，且看我们革命小将的厉害。”

王主任把话筒递给一个青年学生，示意他可以发言。

一个青年学生拿起话筒，大声问魏嗣銓：“毛主席教导我们：没有调查就没有发言权。相对论的两个前提，一是光速不变，二是物理不变，是不是这样？”

魏嗣銓原本想好了保持沉默，但听这个学生一说，忍不住就说：“不是物理不变，狭义相对性原理说的是在任何惯性系中，普遍的物理规律不变。”

学生说：“毛主席教导我们：不是东风压倒西风就是西风压倒东风。我管你什么不变，你宣扬不变就是违反最基本的马克思主义唯物思想，爱因斯坦凭什么说这个不变那个不变，他能了解宇宙中所有物体的运动吗？他能掌握宇宙中所有的规律吗？千规律万规律，只有一条规律：一切反动派都是纸老虎。”

王主任眉头皱了一下，似乎对这个学生的发言不是太满意，挥手示意换下一个人发言。

那个学生正说到兴头上，还正想说毛主席教导我们，看王主任瞪着自己，也只好把话筒递给了另一个学生。

另一个学生说：“相对论宣扬时间空间都是相对的，这是严重违反辩证唯物法的真理观的，这是相对主义的真理观，形而上学的宇宙论，神秘主义的方法论。不把相对论打倒，什么新科学、新技术都是建立不起来的，无产阶级的革命就无法取得最终胜利。”

王主任示意把话筒还回来，他显然对学生的发言感到不满，因为没有实质性的反对理论，全都是高射炮，空有高度，打不着靶子。王主任显得有点着急了，他频频回头朝身后的一道门里面看去，似乎在等一个人，等了一会儿，不见有人出来，会场上开始出现一些骚动。王主任随即招来一个学生，对他耳语了几句。这个学生快步走入那道门里面，过了一小会儿，这个学生又回到了前台，从王主任手中接过话筒，开始对魏嗣銓发问：“魏嗣銓，爱因斯坦在广义相对论中是不是有一个重要推论说的是引力使时空发生弯

曲？”

魏嗣銓保持沉默。

王主任说：“在人民面前，你要老实回答革命小将的问题，你们最爱说的不就是真理越辨越明吗？”

魏嗣銓听见王主任这句话，心中一激动，终于无法保持沉默了，他大声说：“是的，根据广义相对论，引力会使得时空发生弯曲，这在1919年爱丁顿率领的远征队拍摄的日全食照片已经证明了！”

会上传来一些小声的惊诧声，显然有一些学生感到惊讶。

那学生说：“那么，整个宇宙的时空弯来弯去的结果必然要弯成有限而闭合的圈圈，这么说，宇宙就是有限的了？”

魏嗣銓稍稍有点吃惊，这个学生怎么看也不像能说出这句话的人，他隐隐感到那道门里面似乎有一个行家指点他，越是这样，反而越激发了魏嗣銓的斗志，他说：“根据哈勃的天文观测，宇宙中所有的星系都在远离我们而去，由此推测，宇宙正在膨胀，也就是说宇宙是有大小的，而且很可能是诞生于一次大爆炸。”

他的话在会场上又引起了一阵骚动，显然，有部分学生们被这个惊人的言论所震撼。

那个学生冷笑一声，说：“太可笑了，你们这些爱因斯坦的马屁精，将研究有限、有边的局部宇宙的运动定律所得到的结果，转用于无限的宇宙整体，因而开始谈论有限的宇宙、时空的边界，这太自不量力了。你是不是要进一步推断说，有限的物质之外，总要有非物质的、超自然的东西存在，这只能是上帝了！你这是彻彻底底的宇宙唯心论，相对论其实是绝对论！”

魏嗣銓被这个学生的强词夺理一下子弄得不知道该如何反驳，他便反问道：“那么，你可以说说宇宙无限的证据吗？著名的奥伯斯悖论就提到，如果宇宙是无限的，那么我们晚上朝任何一个方向上看过去，都应当看到无限的星星，无限的星光叠加照射在地球上，那么晚上也应当像白天一样明亮才对，这显然与事实不符。”

那个学生一下就被问住了，他还是头一次听说什么奥伯斯悖论，他立即跑回那道门里面，过了一会儿又出来了，一扫刚才的窘迫，又大声开口说：“奥伯斯悖论必须建立在宇宙中物质的分布是绝对均匀的这个前提下，这个前提并不成立。我问你，爱因斯坦一直在建立所谓的统一场理论，他建成了吗？统一场理论真的存在吗？”

这下魏嗣銓感到了门背后那个人的“可怕”，这一个问题问中了要害，爱因斯坦晚年用了10多年的时间苦苦寻觅统一引力场和电磁场的理论，但是没有获得成功，这是爱因斯坦一生中最大的遗憾。

那个学生接着说：“爱因斯坦根本不可能找到什么所谓的大统一理论，因为这根本就是违反唯物辩证法的，毛主席教导我们一切都是运动的，任何事物都永远处在矛盾中，阶级斗争永远存在，根本不可能存在一个什么所谓绝对的普适的大统一理论。”

尽管魏嗣銓觉得这完全是断章取义，用哲学代替科学，用空洞的理论取代严谨的科学研究，但一时也想不出强有力的反驳。

那个学生说完，又得意地跑进了那道门，过了一会儿，又出来了，继续说：“魏嗣銓，相对论宣称没有什么真正的同时性，事件发生的先后都是相对的，是不是这样？”

魏嗣銓说：“是这样的，同时性只有在同一个参考系里面才具备物理意义。”

那个学生说：“魏嗣銓，你好大的胆子，你胆敢说同时性也是相对的，你这是在宣称珍宝岛事件中，苏修分子先开了第一枪这个事实是无法客观判断的吗？你这是在公开为苏修辩护，你不但是反动学术权威，还是个卖国贼，打倒卖国贼！”

魏嗣銓心里面暗叫一声上当，对方这是明显地偷换了概念，但是此时再反驳已经晚了，整个会场已经开始吵闹起来，他说的任何话已经不可能被别人听见。

会场上大部分学生根本没有搞清楚台上最后两句对答是什么意思，就听见最后的结论是魏嗣銓竟然胆敢为珍宝岛事件中的苏修先开第一枪辩护，那还了得，这简直是罪大恶极，此时全国上下同仇敌忾，对珍宝岛事件中苏联的入侵行为痛恨至极。此时会场中早就安排好的几个学生大声喊道：“打倒卖国贼魏嗣銓！”

这个疯狂的年代就是这样，口号和高举的拳头就是力量的象征，很快全场数万名师生一边挥拳，一边高喊：“打倒反动学术权威魏嗣銓！打倒卖国贼魏嗣銓！”声震屋瓦。几个学生冲上去，一把按住魏嗣銓的头，拼命往下压，强迫他低头认罪。早已经准备好的一个沉重的大木牌，用铁丝拴着，一个学生抱起来往魏嗣銓的脖子上一套。木牌相当沉重，铁丝一下子就嵌入到脖子上的肉里面，魏嗣銓感到一阵剧痛，头再也抬不起来了。

木牌上写着：反动学术权威，爱因斯坦的走狗，相对论卫道士魏嗣銓！

魏嗣銓强忍着剧痛，感到眼冒金星，几欲晕倒，已经不知身在何处。可是他连晕倒的权利也丧失了，一边一个学生托着他的胳膊，不让他昏倒在地。

全场对着魏嗣銓高喊口号，学生们群情激奋，发出像野兽一般的怒吼，此时谁表现得最愤怒，喊得最响，对敌人魏嗣銓最不心软，谁就是最革命的。因为毛主席教导我们对待敌人要像秋风扫落叶一样残酷。

喊了一阵子口号，学生们拖着魏嗣銓出去游街，此时的魏嗣銓已经处于半昏迷状态，身不由己地被拖



着踉跄行走。在游街的过程中，时不时会有愤怒的革命小将冲上来朝魏嗣銓吐口水，很快就有革命小将为了显示自己比别人更愤怒，对待敌人更不手软，开始冲上来对魏嗣銓猛扇耳光，一旦有人扇了耳光，就会有人上来拳打脚踢。老教授斑白的头发上已经是血迹点点，鲜红的血迹，苍白的头发，看起来就像是一幅泼墨山水，只是用的不是墨，而是朱漆。

魏嗣銓被拖到了学校的中央广场上，被两个学生托着勉强站立着，他已经感到呼吸困难。但是学生们仍然觉得魏嗣銓的认罪姿势不够好，头低得不够，不知道谁找来了一只散发着臭味的粪桶，往魏嗣銓的脖子上一套，老教授的上半身顿时被压成了90度的鞠躬姿势。边上的两个学生捏着鼻子，表情怪异，显然已经受不了粪桶的恶臭，坚持了一小会儿，两个人撒了手，跑开了。而魏嗣銓本来已经昏厥，被臭气一熏，竟然清醒过来了，他摇摇晃晃地站着，视线模糊地看着眼前的一切，恍如在梦中，学生们也喊累了，再加上粪桶的臭气熏天，渐渐的也就散去了。

魏嗣銓看到远处有一个熟悉的人影越跑越近，终于认出来正是自己的妻子。她冲到魏嗣銓的身边，帮魏嗣銓摘下粪桶和木牌，抱着魏嗣銓失声痛哭起来。此时的老教授似乎已经没有了情感，完全麻木了，他觉得他来到了一个完全陌生的世界，除了那一片绿军装映衬的红色海洋，他什么也想不起来了，难道，这就是革命吗？

此时，在批斗会现场那道神秘的门中，王主任正对着一个坐着喝茶的背影说：“李组长，姜还是老的辣，对付这种死硬的知识分子，还得要您这样的高手出马。”

那个背影慢慢地转过身来，说：“魏嗣銓是上头钦点的批倒对象，我此次专程来蓉，自然是有备而来。今天只是一个开头，不是结束。”

此人正是当年魏嗣銓在同济医工学堂的同学李柯，他也是理科出身，对相对论略有研究，这次批斗大会正是李柯一手策划的。

为什么要批倒魏嗣銓？因为张春桥、姚文元逐步在上海得势后，他们急于在毛泽东面前建功立业取得更大的势力，批倒相对论就是批倒了资产阶级自然科学的基础理论，这是奇功一件。张姚二人指使李柯在上海成立了“上海理科批判组”，主要目的就是批判相对论。与张姚二魔一样，在北京也有一人急于建功立业，他就是“中央文革小组”组长陈伯达，当时北京最有权势的高官之一，党内排名第四，但是由于陈伯达急于想打倒中央政治局常委陶铸，弄巧不成，反被毛泽东怒斥，因此有些失势，大有被上海的后起之秀张姚二人反超之势。陈伯达为了在跟张姚的权力竞争中取得优势，很快就意识到双方竞争的关键点在于对相对论的批判。谁先把相对论批倒，谁就取得了主动，因此陈伯达迅速控制了中科院的“相对论批判学习班”，直接领导并授意学习班对相对论开展大批判。

当时的学界，相对论的权威有一南一北：北有周培源，时任北京大学校长；南有魏嗣銓，大学教材《相对论》的主编。魏嗣銓被张姚二人的亲信批倒的消息很快传到了陈伯达的耳中，陈伯达知道，这第一回合交手，自己已经输了一招。

陈伯达的眼睛已经盯上了周培源，这就是他的猎物。

陈伯达当时兼任中科院第一副院长，有权利直接控制中科院下属的“批判相对论学习班”，这一日，陈伯达找到“批判相对论学习班”的“专家”周友华，与其密谈。

陈伯达说：“小周啊，我是了解你的，你的才华和能力我是知道的。人类文化是从东方开始的，后来到了西方；经过一次往返，现在又在更高的水平上回到了东方。过去科学从西到东，从欧美到中国，但是，将来必定是中国领导科学，因此，我们就要彻底批倒相对论。这就要靠你们这样的青年才俊了。”

周友华说：“陈院长，我明白，我一定努力写出好文章。”

陈伯达说：“无论如何，你在一个月内要给我写出一篇重量级的文章，题目我都帮你拟好了，就叫《相对论批判》，写成后，我会指示《红旗》和《中国科学》杂志发表，到时候你就出名了。”

周友华说：“是，我明白了。”

陈伯达心中打着他的如意算盘，这篇文章一发表，一来为批倒周培源制造了理论武器，二来可以引蛇出洞，周培源一旦对这篇文章有任何反对声音，刚好可以被陈伯达利用。陈伯达对周培源这样的科学家的脾气自认为是摸得很透的。

周友华不负陈伯达所望，很快写出了一篇几万字的长文《相对论批判》，但是文章要发表，还需要过中科院的负责人刘西尧这关。尽管陈伯达多次施加压力，但刘院长看过文章后，坚持要邀请一些知名的科学家来审查这篇文章，于是定下1969年10月23日召开一次特别会议，讨论《相对论批判》一文。

特别会议由中科院的军代表主持，参加人员除了“批判相对论学习班”的全体成员和陈伯达以外，还邀请了当时中国最著名的一批资深科学家，包括周培源、竺可桢、吴有训、钱学森、何祚庥等。

军代表发言：“我是个粗人，只知道带兵打仗，不懂什么相对论，我只知道凡事不能绝对化，这篇文章到底是好是坏，你们说，你们说。周校长，你是懂相对论的，你先说吧。”

周培源清了一下嗓子，说：“很抱歉，前天刚刚收到通知，文章还没来得及好好看。里面的很多见解还是有一定启发性的，我还需要消化消化。老钱，要不你先谈谈。”

周培源看着钱学森，他跟钱学森私交很好，渴望钱学森能为他解围。

钱学森立即会意了，说：“我认真读了《相对论批判》的讨论稿和修改稿，我主要谈四点意见。第一，这篇文章是很多青年同志在无产阶级文化大革命取得全面胜利后，活学活用毛主席思想，遵循伟大领袖毛



主席的教导，取得的初步成果，这个意义是重大的。第二，爱因斯坦毕竟是全世界最有影响力的科学家，对爱因斯坦的评价要尽量全面客观，这个事务必慎重。文章里面谈到爱因斯坦建议搞原子弹，使美国现在对我们进行核讹诈，这个要从当时的历史背景去具体分析，德国的海森堡也在搞原子弹，当时来说，情况紧急，抢在纳粹的前头也是相当重要的。第三，应当注意只谈相对论的理论本身，避免和很多似是而非的哲学概念混淆，比如相对论并不是相对主义，有些乌烟瘴气的东西围绕在周围，应当区别开来。第四，辩证唯物论是人类的最高智慧，全面经验汇总到了毛泽东思想，我们都应当认真学习，但是哲学和自然科学理论还是稍有不同，应当具体问题具体分析。”

吴有训接着钱学森的话头说：“我是学实验物理的，相对论用到过，但是对于它的理论基础还真考虑得不多，我谈点我的粗浅看法。1922年我留学期间曾经亲耳听过洛伦兹的演讲，洛伦兹对爱因斯坦很推崇，因为洛伦兹在物理界有着很强的号召力，所以搞物理的有点推崇爱因斯坦也在所难免，很大程度上是受到了洛伦兹的蛊惑。爱因斯坦是唯心主义者，恐怕他自己都承认，他经常提到上帝，这一点是要批判的。但是文章中有些地方的表述和概念我看还值得商榷，比如文章中提到光速测量的问题，从专业的角度来看，还有很多欠缺，另外，从文章来看，作者在肯定以太，认为存在绝对坐标，物体的运动相对于以太运动，这一点本身也是违反马克思唯物辩证法的。”

陈伯达在边上有点坐不住了，他发现科学家们的发言对文章越来越不利，吴有训甚至开始用陈伯达最擅长的马克思主义来反驳文章本身，这让陈伯达有点恼火，他赶忙发言说：“同志们，对相对论的批评是很重要的，这关系到自然科学领域中向资产阶级夺权、对资产阶级实行专政的问题，大方向是对的。我们一定要让毛泽东思想占领自然科学的一切阵地，一定要把这一工作坚持到底。周校长，还是你来谈谈相对论的问题吧？”

陈伯达老奸巨猾，不让周培源脱身，把矛头直指周培源，逼得周培源必须表态。周培源知道自己不可能一直避开正面问题，总是要说点实质性的东西的。经过前面一轮发言，周培源已经在肚子里面打好了腹稿，他说：“爱因斯坦的宇宙有限模型是有问题的，其实爱因斯坦自己也不很肯定，主要是爱丁顿那些人在吹捧这个理论，我早就放弃这个想法了。另外，爱因斯坦的统一场理论是完全错误的，在广义相对论中有争议的问题也很多，比如坐标系应该如何定义的问题，向来就有争议，我是一直和爱因斯坦有不同意见的，我建议中科院应当成立一个实验室，做一些像穆斯堡尔效应一类的实验，用实验来检验相对论的很多错误观点。”

陈伯达见周培源不肯上当，心中相当恼火，而且他还看穿周培源其实是想借检验相对论的错误观点而恢复中科院的基础科研工作。陈伯达是何等奸猾之人，岂肯轻易放过周培源，陈伯达说：“周校长在30年代曾经在普林斯顿与爱因斯坦有过相当多的个人交往，能不能谈谈你对爱因斯坦个人的印象。”陈伯达暗想正面抓不住你把柄，就迂回进攻，你跟资产阶级最大的反动学术权威有私交总是不可否认的事实，你只要一句话说错，我就给你安个海外派遣来的长期潜伏特务之罪，谅你跳进黄河也洗不清。

周培源其实也想到了此节，他说：“我在普林斯顿期间主要是从事自然科学的学习，虽然参加了爱因斯坦的广义相对论讨论班，但是那只是正常的课业，我跟爱因斯坦并没有什么私交。在我的印象中，爱因斯坦生活比较朴素，他是犹太人，犹太人在欧洲和黑人在美国一样是受到歧视的，因此爱因斯坦有强烈的民族主义情绪，支持犹太复国主义，对此我是敬而远之的。他很喜欢拉小提琴，还自以为比自己的物理研究更高明，小提琴是资产阶级的乐器，我自然是不欣赏的。”

这番话周培源讲得滴水不漏，陈伯达抓不住任何把柄，这让陈伯达表面上不动声色，心中已经怒火中烧。

军代表看时间差不多了，于是总结发言说：“我是个外行，是个耍枪杆子的，本来没什么可说的。但是有点朴素的感情，我感觉爱因斯坦这个人要批判一下。听说他是一个权威，束缚很多人的头脑，我就想造他的反，因此要批判。我同意大家的意见，批判要走群众路线，关心的人很多，应该发动群众。批判的角度大家不同，凑起来就全面了，大家都来搞，就可以把爱因斯坦的问题搞清楚了。争取再过两三个月，能拿出大家都同意的两三篇文章出来。”

军代表的最后这句话一出口，在座的所有科学家都松了口气，而陈伯达和周友华则心里一凉，知道看来这篇文章是很难通过审查得以发表了，更是禁不住恼羞成怒，对周培源他们恨得是咬牙切齿。

陈伯达回去后是大发雷霆，把周友华臭骂一通。但陈伯达岂肯死心，一计不成又生一计。很快，他就以传达中央文革精神为由，直接到北京大学召集会议，他对在座的革命师生说：“毛主席再三指示我们要砸烂一切旧思想，建立新思维。我们有必要展开全面的大批判，重新审查过去的一切科学理论，尤其是相对论，必须要有超越牛顿和爱因斯坦的勇气，无产阶级是勇不可挡的。你们要向中小学的“革命小将”学习，坚持让中小學生也参与批判相对论，他们年龄虽小，可是思想活跃，眼光敏锐，兴趣广泛，很有生气。我决定近期召开万人大会，公开批判爱因斯坦和相对论，你们一定要做好充分的准备工作，随时向我汇报。”陈伯达这次是狠下心一定要搞倒周培源了，张姚二人可以用这个方法打倒魏嗣奎，他陈伯达为什么就不能，只要略施小计，革命小将们就可以要了周培源的命。

万人大会正在紧张的筹备中，一张阴谋的大网已经朝着周培源慢慢地围拢过去，然而就在这危急时刻，情势突然发生了戏剧性的变化。

陈伯达将自己的政治赌注全都压在了副统帅林彪身上，没想到林彪驾驶的却是一艘贼船，迟早得翻。

1970年第三次庐山会议后，陈伯达突然失势。

他的倒台也让在北京大学酝酿的阴谋流产，周培源躲过了一劫，“批判相对论学习班”也宣告解散。这个消息让身处上海的张姚集团大喜，他们一方面收编陈伯达的残余势力，一方面指示“上海理科批判组”抓紧对相对论的批判，要乘胜追击，巩固自己的政治地位。政治时局风云变幻，1971年9月林彪乘飞机出逃，机毁人亡，毛泽东的身体健康状况急转直下，党的日常工作交给了周恩来主持。周恩来主持工作后，随即开展了一场批判极左思潮的斗争，矛头指向四人帮。1971年11月，周恩来在与一些意大利来访的外宾会面时说：“犹太民族出了一些杰出的人物，马克思是犹太人，爱因斯坦也是犹太人。”有了周恩来亲口说出的这个基调，周培源大着胆子在一次全国教育会议上公开表示反对批判爱因斯坦和相对论。

周恩来的行为激怒了以江青为首的四人帮集团，四人帮很快就意识到周恩来对爱因斯坦和相对论的态度是他们打倒周恩来的绝佳机会，只要想办法批倒了相对论，周恩来就会受到冲击。李柯也在寻找着他的政治机遇，此时，更是不失时机地出来跟张姚献计：

“我已经查到魏嗣銓的四川大学数学系主任职务是周恩来亲自安排的，我们只要进一步批倒魏嗣銓，利用他曾经在海外留学的经历，把他搞成海外间谍，再让他供出他的“上级”周恩来，我们的目的就能达到。”

张春桥说：“魏嗣銓是个硬骨头，恐怕不肯轻易就范。”

李柯说：“不怕，陈伯达给了我们一个好主意，要发动思维更活跃，眼光更敏锐，革命意志更坚定的中小学生，给他多吃点苦头，然后我再出面软硬兼施，由不得他不就范。”

此时魏嗣銓的生活已经逐渐趋于平静，此前的几年中一直在不断地挨批斗，批斗越多魏嗣銓反而越坚毅，每次批斗会上虽然一言不发，但是神情分明是在传达：让我背负的十字架更沉重一些吧。红卫兵们也确实没有让他失望，胸前挂着的牌子一次比一次沉重，最后居然把实验室拆下来的烤箱的铁门挂到了他的脖子上。长时间的挂牌，已经让魏嗣銓的脖子上起了厚厚的老趼，腰早已压驼了，根本直不起来。周恩来主持工作后，批斗会的次数少了下去，以至于最近半年一直享受着平静。然而平静的生活很快被打破。

这次把魏嗣銓揪上台的是一群年龄更小的初中生革命小将，他们稚气未脱的脸上涌动着的是崇高的“理想”，坚定的“信念”。

“低下头，魏嗣銓，你精通力学，应该能看清自己正在抗拒的这股伟大的合力是多么强大，顽固下去只有死路一条。”

“魏嗣銓，你仍然坚持光速不变吗？”

魏嗣銓缓缓地点了点头。

头还没点完，猛地一皮带就抽到，魏嗣銓立即感到眼前金星直冒。革命小将年龄越小，出手越狠，他们在为自己的理想和信念而战，对他们来讲，这不是普通的批斗，这是与“敌人”你死我活的战争。

“魏嗣銓，你仍然坚持宇宙大爆炸，宇宙有限论吗？”

“本世纪初的两大宇宙学发现，哈勃红移现象和宇宙微波背景辐射，证明大爆炸理论是目前最可信的宇宙起源论。”魏嗣銓慢慢地说。

“你还真嘴硬，你是在为上帝寻找生存的位置吧！”一个革命小将说着，狠狠的一皮带又抽向魏嗣銓，这根皮带上的黄铜扣很尖锐，顿时一道鲜血从魏嗣銓的头上流下来。

“打倒反动学术权威魏嗣銓！”

“打倒相对论卫道士魏嗣銓！”

会场上响起了震天的口号，这个口号声就像是兴奋剂，极大地激发了革命小将们的战斗激情。一群十三四岁的小孩冲上去，纷纷解下自己的腰带，有布的，有皮的，有金属的，投入到了这场伟大的战役中。他们在为着自己的理想而战，他们为历史赋予自己的光辉使命所陶醉，为自己的英勇而自豪……

魏嗣銓终于倒下去了，头上已经是血肉模糊。当他醒来的时候，他感到自己坐在一把有靠背的椅子上，他感到有点诧异，自己从来没有享受过这样的待遇，头上脸上的血迹也已经被擦拭干净，面前还放着一杯茶，但是房间里灯光很暗，魏嗣銓又是高度近视，他根本看不清房间中的景物。

“老魏，你受苦了，我来晚了！”一个声音在对他说。

魏嗣銓说：“你是谁？”

那声音说：“你不认识我了吗？老魏，我是你的大学同学李柯啊。”

李柯把自己的脸凑到魏嗣銓的眼前，让他看仔细。魏嗣銓认出来了，这确实是自己的大学同学李柯。没想到在这里见到了他，魏嗣銓精神振作了一点。

李柯说：“老魏啊，你这又是何苦呢？俗话说得好，大丈夫能屈能伸，识时务者为俊杰，适当的屈服一下有何不可呢？我在上海听说了你遭受的不公平待遇，特地赶来帮助你，你只要听我的，我保证能让你平安脱身，再不会有人来批斗你。”

魏嗣銓说：“科学来不得半分虚假，让我批判相对论，我做不到。”

李柯说：“老魏，我知道你这么死不低头是因为周恩来在背后给你撑腰对不对？我告诉你吧，我从上海过来，有可靠的消息来源，周恩来已经在毛主席那里失势了。你只要跟他们承认你是受到了周恩来的指使和蛊惑才抗拒文化大革命的，把一切责任都推给周恩来，到时候我自然会想办法保你出来。”

魏嗣銓说：“老李，我人虽然老了，可是我还不糊涂，你们打的这点如意算盘我还能不清楚吗？要利用我攻击周总理，你们先从我尸体上跨过去吧。革命小将背后的高人恐怕就是你吧，凭那些学生也想不出那

些所谓的道理来，我们之间没什么好谈的了。”

李柯说：“魏嗣銓，你不要敬酒不吃吃罚酒，我是念在大学同窗之谊的分上，给你放一条生路，你不要不识好歹。革命小将的厉害你也看到了，如果不是我再三安抚，你还活得了吗？”

魏嗣銓说：“我一生为追求真理而奋斗，能死在追求真理的路上，总好过在忏悔中死去。”

李柯见魏嗣銓软硬不吃，一怒之下，转身离去。此后一段日子，魏嗣銓一直被关在牛棚中，受尽凌辱和折磨，家人也完全得不到他的半点消息。李柯严密封锁着魏嗣銓的消息，他心中的恶计是先骗魏嗣銓在伪造的认罪书上签字，然后造成魏嗣銓畏罪自杀的假象。

正当李柯紧锣密鼓地实施他的计划时，一个惊天动地的消息传来：周恩来去世，北京爆发“四五运动”。李柯懊恼万分，魏嗣銓已经没有了利用价值，他立即赶回上海投奔“组织”。

8个月后，一则更惊人的消息传来：毛泽东去世。

1976年10月18日，在叶剑英、华国锋、邓小平一批党内元老的合作下，中共中央发出《关于王洪文、张春桥、江青、姚文元反党集团事件的通知》，标志着四人帮集团的彻底粉碎，十年动乱结束。

1979年2月20日，北京，人民大会堂。

包括魏嗣銓在内的一千多名科学家云集北京，在这里隆重纪念爱因斯坦诞辰一百周年。周培源迈着稳健的步伐走上演讲台，他朗声说道：

“1949年，我读到爱因斯坦写的文章《为什么要社会主义》，在这篇文章中爱因斯坦认为计划经济还不是社会主义。计划经济可能伴随着对个人的完全奴役。社会主义的建成，需要解决这样一些极端困难的社会和政治问题，鉴于政治权力和经济权力的高度集中，怎样才有可能防止行政人员变成权力无限和傲慢自负呢？怎样能使个人的权利得到保障，同时对于行政权力能够确保有一种民主的平衡力量呢？对于我们这些亲身经历过十年动乱所带来的痛苦和灾难的人来说，爱因斯坦在30年前的预见，准确得令人吃惊。我们痛切地感觉到这个问题的严重性和迫切性，这是一切要进行社会主义建设的国家所必然面临的一个根本性问题。”

魏嗣銓坐在台下，眼眶禁不住有点湿润。

周培源在演讲的最后，深情地说道：

“我们今天隆重纪念他，就是要继承和发展他终生为之奋斗的事业，学习他不怕艰难险阻，不畏强权暴力，甘为真理而献身，为正义而自我牺牲的崇高品德；学习他不迷信权威，不盲从旧传统，服从真理，实事求是，敢于独立思考，敢于创新的科学精神；学习他在科学道路上永不固步自封，永不自满自足，始终一往无前的探索精神；学习他言行一致，表里一致的坦荡胸怀；学习他为追求真理和为人类谋福利的目标始终如一的人生态度。”

（编者按：以上发言摘自周培源《纪念伟大科学家爱因斯坦诞辰一百周年》）

魏嗣銓于1992年逝世，享年97岁。

周培源于1993年逝世，享年91岁。

## 第七章 时空那点事

上一章的故事让我们的心情都有一些沉重，我知道自己根本算不上一个作家，更不用说是一个好的小说家了，因此这个故事在你的眼里可能不够精彩，文字也不够精炼，但我只希望能用真实来打动你。真实的力量是强大的，记录是为了不忘记，不忘记是为了悲剧不再发生，这样的历史悲剧不应当在我们这一代或者我们的下一代身上重演。

自从相对论诞生以后，我们看到时间和空间再也不是天上的牛郎和织女永不相见了，时间和空间就像是焦不离孟、孟不离焦的一对结义兄弟，又像是难分难解地纠缠在一起的DNA双螺旋结构，我们再也不能只谈空间而不谈时间，或是只谈时间而不谈空间。爱因斯坦指出时间和空间不仅不能独立于宇宙，而且不能互相独立，引力不可能只使空间弯曲而时间却安然无恙。

从此我们多了一个新的名词——时空，对不起，请千万不要把“时空”等价于“时间和空间”，时空就是时空，它是一个整体，就好像你不能把“牛奶”看成是“牛”和“奶”的简单相加一样。被我这么一解释，我知道你开始对“时空”这个词感到疑惑了，你能想象出时间，也能想象出空间，但是你却无法想象出时空的模样。

请跟随我来，让我来帮你在头脑中建立时空这个诞生于20世纪的伟大名词，它是人类对宇宙认识的一次大飞跃，我将再次带你踏上一次惊奇之旅。

### 时空中的运动

我们的故事要从……（大哥，这次从哪年开始讲起？）要从一次跑步开始讲起（大哥，交代时间地点人物啊），这个故事无所谓年份、无所谓地点、无所谓具体人物（大哥，果然来玄的了）。

为了叙述方便，就让我们一起去学校的操场跑步吧。我知道你可能很久没跑步了，我比你好一点，我每周到健身房跑两到三次，但是那都是在跑步机上完成的，站在操场上百米跑道上的记忆还得回到大学时代了。现在，让我来计时，你来跑步。我们的规则是跑两次，白天一次，晚上一次，你先克制一下你的疑惑，让我们跑完再说。白天这次你跑了16秒8，离达标还差一点，为了晚上取得更好的成绩，你努力锻炼了一下，试图恢复一些当年的勇猛，晚上又跑了一次。这次你自我感觉很不错，觉得会比白天那次跑得更好一点，可是我把成绩一告诉你，你却吃了一惊，怎么反而只有17秒2了？

下面这幅示意图可以解释为什么你晚上状态更好，成绩却更差了，原因很简单，晚上视线太差，黑漆漆的你跑了一条斜线都不自知。

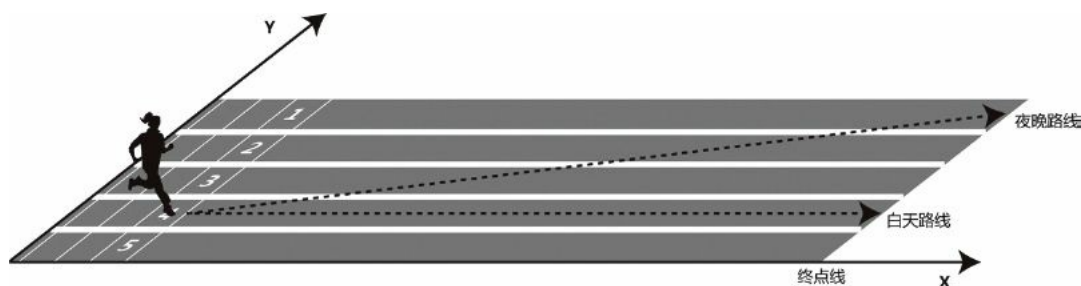


图7-1跑步的方向不一样导致成绩不同

看了这幅图，你恍然大悟了，原来你小子让我在晚上跑步是别有用心的，故意就是要让我把方向跑偏。不用生气，为了科学，牺牲这么点儿自尊不要紧。现在我来问你：“假设你两次跑步的速度是一样的，为什么晚上的用时比白天更长了呢？”

你白了我一眼说：“你不是明知故问嘛，晚上我方向跑偏，跑的路程更长了，所以用时就更多了。”

我说：“回答正确，用距离来解释这个现象是我们最直观、最朴素的想法。但是你知不知道，还有另外一种更抽象的解释，在这个解释中，我们不需要距离这个概念。”

你说：“哦？什么解释，你说说看。”

我说：“你刚才自己也提到，运动是有方向的，你的运动速度可以分解为X轴方向的速度和Y轴方向的速度合成速度。假设你跑步的速度是 $V$ ，白天跑步的时候，你在Y轴方向的速度是 $V_y=0$ ，而在X轴方向的速度 $V_x=V$ 。但是到了晚上，你在Y轴方向的速度大于零，在合成速度不变的情况下，于是你在X轴方向上的速度就必然小于 $V$ 了，这就好像在Y轴方向的速度分走了一部分你的跑步速度，你在X轴方向上运动的速度变慢了，所以你晚上的成绩就不如白天了。”

你若有所思地点头说：“明白了，速度的方向看来很关键。”

千万别小看这个看起来更抽象一点的解释，这是我们对运动本质认识上的一次大飞跃。我们认识到，任何一个物体在空间中的运动速度，都可以分解为在互相垂直的三个方向上运动的合成，像下面这幅示意图显示的那样：

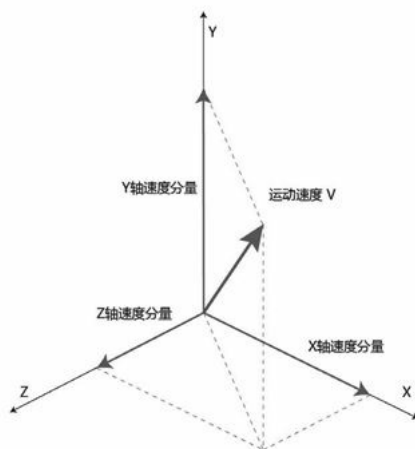


图7-2 物体的运动速度是三个方向的合成速度

一个物体的运动速度 $V$ 是由他在XYZ三个轴方向上的速度的合成，如果总速度恒定的话，其中一个方向上的速度增大，另外两个方向上的合成速度就必然减小，就好像速度是被切成三块的蛋糕，你可以随便切这三块，但是蛋糕的总大小不会改变。这XYZ三个方向物理学家为了耍酷，就用了一个听起来很拉风的词来描述，那就是“维度”，我前面所说的概念如果让物理学家来说的话，他们就会说“物体在三维空间中的运动可以分解为在三个维度上的运动合成”，这样听起来确实很拉风，但其实意思跟我们前面用方向来表述是一样的。

下面该爱因斯坦登场了，爱因斯坦向我们大声宣布了一个惊人的发现，他说：“这个宇宙中任何物体的运动速度都是光速 $C$ ，对，没错，你我的速度是 $C$ ，太阳月亮星星还有光本身，我们的运动速度都是光速 $C$ 。只不过这个速度不是在三维空间中的速度，而是在“时空”中的速度，除了空间的三个维度以外，我们必须再增加一个维度，这个维度就是时间，多了个时间维度后，空间就不再是空间，时间也不再是时间，而是纠缠在一起成为了时空，时间空间就是一个整体，我们每个人都是生活在一个四维时空中，我们每个人在时空中的运动速度都恒定为 $C$ ，永远不会快一丁点儿，也不会慢一丁点儿。”

天哪，这个发现实在是太让人震惊了，我们把爱因斯坦的这个发现画成一个简单的示意图的话，就会是下面这个样子：

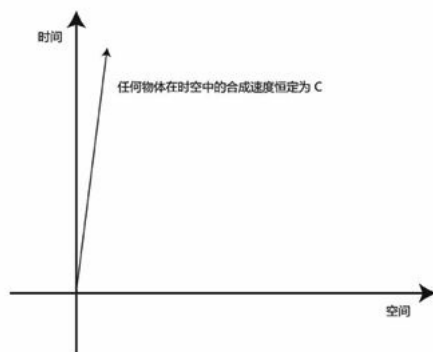


图7-3 物体在时空中的运动速度恒定

你是不是已经在头脑中模模糊糊地建立起了时空的概念了呢？一旦我们明白了时空的含义后，就会发现，任何物体的运动速度不再是把蛋糕切成三块了，而必须切成四块，蛋糕的总大小永远恒定为 $C$ 。

这是一个如此简洁、优美而深刻的发现，这是人类对宇宙认识的一次飞跃，每当我想起这个，总是被一次又一次地深深震撼。用这个简洁而深刻的思想来解释狭义相对论中关于时间和速度的关系那就变成了天经地义的事情，物体在空间中的运动速度会分走在时间中的运动速度，空间中运动得越快，在时间中就

越慢，时间空间是一个密不可分的整体，任何物体都是在时空中做着相对运动。时间和空间是互相垂直的两个维度，用这个思想可以用普通的速度合成公式极其简单地推导出相对论因子。这个思想还蕴涵着这样一个显而易见的事实：物体在空间中的运动速度有一个极限，那就是光速C。

我们不再需要用眼花缭乱的质能公式和牛顿第二运动定律去联合解释为什么光速是极限，这个时空运动的思想简洁而有力地告诉我们：假设物体的运动速度完全从时间这个维度中转移到空间中，那么物体在空间中的运动速度就达到了最大速度C。以光速在空间中运动的事物，在时间中就停止运动了，所以，光是不会变老的，从宇宙大爆炸中诞生出来的光子仍然是过去的样子，在光速运动中，没有一丁点儿时间的流逝，时间真的停止了。现代的相对论学家认为，光速C很可能是我们这个宇宙时空的一个几何性质，就像圆周率是 $\pi$ ，它是一种数学性质，跟物理性质无关。

从此，我们不再分开谈论时间的流逝和空间中运动的速度，只要是运动，就是在时空中的运动，当你进行百米冲刺的时候，你我在时空中进行着相对运动，空间发生变化的同时时间一定会发生变化。看来，我们经常在科幻小说中看到的“时空穿梭”其实一点儿都不神秘，你大可理直气壮地宣布：我以百米冲刺的速度在时空中穿梭，我们每个人每时每刻都在时空中穿梭。你也可以理直气壮地宣布：我距离一秒钟前的自己30万公里。这真是一个遥远的距离啊，如果你和你的爱人错开了一秒钟，那么你要不停地步行9年半才能追上你的爱人。我们都是生活在低速世界中的生物，我们在空间的三个维度中能达到的速度和光速相比实在是小得可怜，这才让我们产生时间和空间这两个完全不同的概念。如果我们想象宇宙中有一种日常生活的速度都是接近光速运动的智慧生命，那么在那些智慧生命的概念中，将不再区分时间和空间，在他们的感觉里面，时间和空间只不过是不同的方向而已，他们看狭义相对论的各种效应都会像我们看太阳的东升西落和大自然的花开花落一样平常。在相对论学家的眼里，时空才是我们这个宇宙的本质。请你务必在头脑中牢牢地建立时空这个概念，牢牢地记住没有单纯的空间运动，这对于我们后面的故事至关重要。

## 四维时空

其实，我们在日常生活中早就已经有了四维时空的概念，不是吗？回忆一下你和朋友们是怎么约会的。“我们在老地方见（人民广场喷水池旁）”，只是这么一个空间坐标够吗？如果就这么一句话的话，你们俩多半还是见不了面，你还得再加一句“老时间（晚上7点）”，这样你们才能确保双方达成了准确的协议，也就是说一个约会的事件在时空中的坐标必须包含四个维度的信息，空间的三个维度加上时间的一个维度。在我们低速的地球世界中，似乎“老时间老地点”这句话已经能确保你和朋友见面了，但是，如果我们到了银河联邦的莱因哈特时代（什么，你不知道银河联邦和莱因哈特是什么，那杨威利也不知道吗？拜托，《银河英雄传说》怎么能没看过？我不管了，凡是不看银英传的人，我不照顾了，默认当大家都看过的，本人是超级银英迷），如果只是这么一句约会的口头禅很可能就要犯大错了，很可能你和朋友就永远也见不着面了。因为没有设定统一的时空坐标参考系，那可真就是差一秒就差十万八千里还多了，关于这个话题我们在本章的后面讲到星际旅行的时候，还会要详细说，这里先跳过，你可以趁此机会去了解一下《银河英雄传说》这部传世之作，会让你更容易理解本章后面要讲到的很多故事。

不过，在时空的四个维度中，时间这个维度有一点特殊性，那就是你只能在时间这个维度中朝一个方向运动，而空间的三个维度可以朝正反两个方向运动。

时空那点事主要讲的是时间旅行、星际殖民和星际贸易这三件有趣的事情，但是请各位读者千万注意，我绝不是创作科幻小说，我要从科学的角度去帮你分析和看待以上三件科幻小说中最常出现的元素，帮你提高以后欣赏科幻小说的能力，帮你找出科幻小说和幻想小说的区别。

## 时间旅行

让我们先从最让你感到激动的时间旅行开始说起吧。

现在这年头，穿越类的小说真多，俨然成了各大文学网站上的一个大类，各种各样的穿越手法真是五花八门、眼花缭乱，那种月光宝盒式的无厘头穿越不在我们今天讨论范围之列。有时候偶尔你也会看到一些对穿越行为的“科学原理”进行描述，其中最多的是说“根据相对论，只要速度能超过光速，我们就可以回到过去。”各位，以后凡是看到这种利用超光速穿越的小说，可以立即定义为“科幻幻想小说”，简称“盲想小说”。这种根据相对论超光速就能穿越的科学原理简直自相矛盾得一塌糊涂，相对论的一个最基本的原理就是光速是任何运动的速度极限，是不可能被超过的，而一旦允许超光速运动，那么相对论本身就被推翻了，又何谈根据相对论呢？这是一个显而易见的自相矛盾，那么多的盲想小说家把这个奉为至宝——但凡穿越，必超光速，实在是让我非常的惊讶，我一个朴素的愿望是芸芸穿越小说家们能随手翻翻我这本书，就是编也要编得靠谱一点。

那我们来了解一下真正物理学家研究的时间旅行到底有一些什么样的科学原理和依据吧。

时间旅行是广义相对论研究的课题，目前全世界确实有很多严谨的科学家在探讨这方面的可能性，其

中就包括有着“活着的爱因斯坦”之称的霍金。根据广义相对论，时空会被引力弯曲，引力越强，则时空的弯曲程度越大，也就是说，根据广义相对论的这个原理，我们会发现时空不是平坦的，时空是有形状的。我知道我这么说还是让你感到不太明白，那么我就来打一些粗糙的比喻来帮助你理解。我们首先把时空想象成一张纸，我们在时空里面运动，就好似沿着纸面运动，但是请注意一点，如果这张时空纸延伸的方向表示时间这个维度的话，那么我们只能朝着一个方向运动，因为时间维是只能朝一个方向运动的，这是时间维的物理性状。

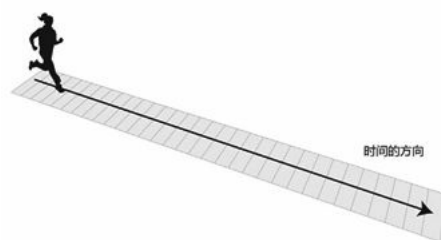


图7-4 在平坦的时空中朝着时间的方向运动

但是请千万注意一点，在爱因斯坦的时空观里面，这张纸是不平坦的，有起伏，有褶皱，我们在时空纸上的运动就像在崎岖不平的山路上走路一样，高高低低的。

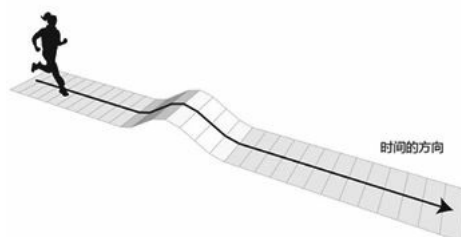


图7-5 真实的时空不是平坦的

现在假设我们在一个平坦的时空中上午8:00出发，从时空的一头运动到另外一头（注意，根据爱因斯坦的发现，任何物体在时空中运动的速度都是光速，所以，在这个比喻里面，你就不要再问出我们的运动速度是多少这样的傻问题了），到达终点的时候，刚好是上午9:00。现在再假设我们经过的这段时空被某种力量弯曲了，那么我们达到终点的时候，会变成上午8:30，如果弯曲得更厉害一点，我们就会在8:10到达终点。

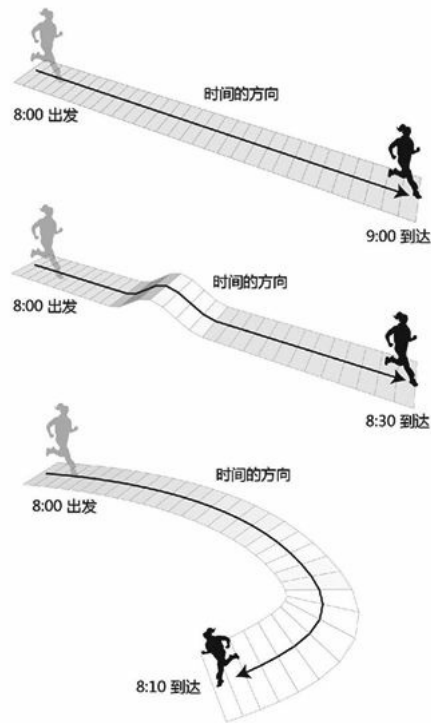


图7-6随着时空的弯曲程度加大，到达时间越来越早

现在重点来了，如果时空这张纸被弯曲成了一个莫比乌斯带的形状，头尾相连了起来，你就有可能在7:50达到终点，也就是说你沿着弯曲的时空走了一圈回来以后，发现到达的时间比你出发的时间竟然还早，这意味着你回到了过去。



图7-7 在一个时间圈环中，到达时间早于出发时间

因此，在广义相对论中，时间旅行的科学原理是通过一个时空的圈环回到过去，这个时空圈环被霍金称之为“类时闭合曲线”（也不知道怎么翻译的，拗口得很，有些人就是喜欢故弄玄虚，直接像我这样叫时空圈环挺好的）。爱因斯坦的狭义相对论是不允许时间旅行的，等到广义相对论刚刚诞生的时候，爱因斯坦也不认为时空能弯曲成一个圈环，直到1949年，他的好朋友、大数学家哥德尔（Kurt Gödel, 1906-1978）在广义相对论方程中发现了一个解，这个解居然允许宇宙中这种时空圈环存在，爱因斯坦当时就震惊了，但随后他就意识到这个时空圈环正是自己和助手罗森塔尔一起发现的“虫洞”的某种特性（还记得我们在第五章最后讲到的爱因斯坦罗森塔尔桥吗）。

所以，靠谱一点的时空穿梭原理一般都要借助虫洞来完成，以后看穿越小说先翻翻有没有提到爱因斯坦罗森塔尔桥或者虫洞什么的（哪怕像电影《雷神托儿》中叫彩虹桥也行）。

非常抱歉，前面出现了一个让你莫名其妙的名词——莫比乌斯带。不是我故意不解释，而是这个东西实在是太迷人了，我非得另起一段单独讲讲才觉得过瘾呢。莫比乌斯带，也经常被称为魔比斯环（前两年首部国产魔幻3D动画大片就叫《魔比斯环》，就冲着这个电影名称我屁颠儿屁颠儿地跑去看了，结果发现也基本属于盲幻电影），也叫梅比乌斯带，麦比乌斯带等等，都是翻译带来的麻烦，英文名称是Mobius Strip，这是诸多科幻小说、科幻电影、（甚至喜羊羊的动画片中）都经常出现的一个神奇事物，它往往象征着时空穿梭，以它的发现者莫比乌斯命名，到现在也快要200年了。





图7-8莫比乌斯带

看到没，上面这个就是莫比乌斯带，其实就是把一张纸条的一头拧半圈然后和另一头粘起来，形成一个圈圈。但是你千万千万不要小看这个圈圈，这个圈圈有着许许多多迷人的特性。如果你在这个圈圈上跑步，你就可以一直往前跑，不用翻越任何边界而跑过所有的面。如果你拿一只毛笔，沿着纸面只用一笔就可以把颜色涂满整个纸带。这个圈圈和我们平常认识的任何像手镯这样的圈圈不同，这个莫比乌斯带只有一个面，如果你沿着手镯表面的中线一刀剪下去，那么手镯就会一分为二成为两个各自独立的手镯，但是神奇的是，如果你同样沿着莫比乌斯带的中线剪一圈，你会发现，这个莫比乌斯带不会一分为二，会成为一个有着正反两面的更大的一个圈圈，然后再沿着这个圈圈的中线剪开，你会神奇地发现这次剪出了两个互相嵌套在一起的两个圈圈，然后再把两个圈圈各自沿着中线剪开，又会变成互相嵌套的四个圈圈，这么剪下去永无止境，最后圈圈套圈圈复杂得可以把你搞疯掉，你是不是很有冲动去试试看了。还有更有意思的特性，首先来跟我认识一下所谓自然界中的“左右手系”对称，想一下左右手套，这两只手套你怎么看他都像是对称的，但问题是，如果你不把手套在空间中翻一个面的话，你永远也无法把两只左右手套完全重合上下叠一起，就好像你怎么也不能把左手套在不翻过一面的情况下戴进自己的右手中。不过，如果你让一只左手套沿着莫比乌斯带转刚好一圈（不是两圈），这只手套就会翻过一面成为了一只右手套，但是请千万记住它的神奇之处就在于如果手套有感觉的话，它根本不会发现自己其实被翻过了一个面，在它的感觉中，它只是沿着一个面不停地运动，不知怎么的就从左手系变成了右手系，再运动一圈又变回了左手系，真是要命的感觉。

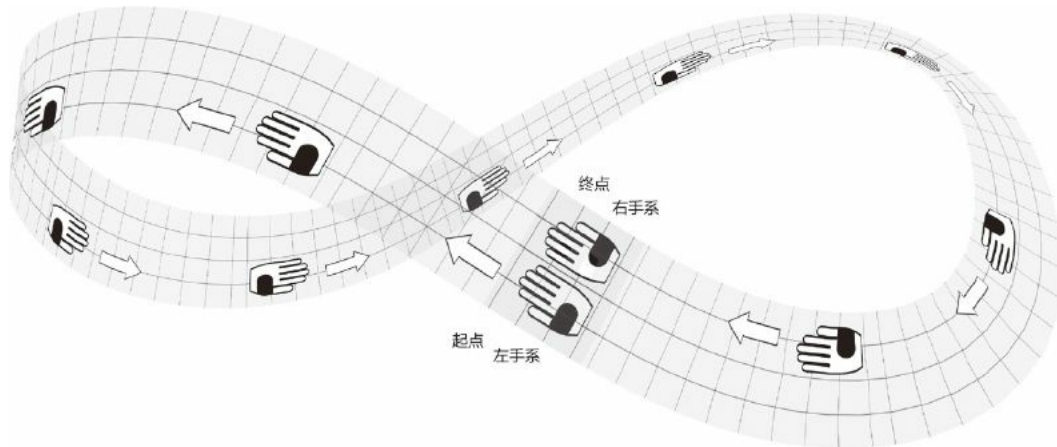


图7-9 左手套转一圈变成了右手套

伽莫夫写的著名的科普经典《从一到无穷大》中就说，如果类似莫比乌斯带这样的事情也能发生在三维空间中，我们的鞋子制造商就会大为欣喜，他们只要生产左脚的鞋子，然后通过莫比乌斯空间传送带转一圈回来，就成了右脚的鞋子，真是爽死了，而一个人如果上了这个莫比乌斯空间传送带，转一圈回来则发现自己的心脏跑到右边去了，这就不爽了。但问题是，两维的纸片做成的莫比乌斯带我们很好想象，那到底有没有三维的物体形成像莫比乌斯带这样神奇的左右手系互转的形状呢，答案是有的，1882年德国数学家找到了一种以他名字命名的模型，叫做“克莱因瓶”。



图7-10克莱因瓶

瞧瞧，就是这种极其怪异的瓶子（但这仅仅是克莱因瓶的近似，真正的克莱因瓶是没法直接做出来的，真正的克莱因瓶是不会互相穿过的，需要一点空间扭曲的想象力），我保证你盯着他看三分钟，想象你在这个瓶子的表面跑步的情景，你会越看越神奇，越看越觉得不可思议，直到逻辑彻底混乱为止。好了，咱别看瓶子了，继续看书。你想象一下，如果时空扭曲成这种神奇的形状，那么你就完全有可能坐着宇宙飞船从21世纪出发，到19世纪返回，穿越了一个世纪的时间，如果继续往前又会返回21世纪。

太神奇了，你打心底里面发出由衷的赞叹，物理学家太伟大了，物理学太有趣了，居然真的给他们搞出了一套回到过去的理论。但是很快，人们就发现如果允许回到过去的话，会产生一些逻辑上的悖论，或者说一些怪圈。比如最著名的祖母悖论，你可能耳熟能详了，就是你如果回到过去杀死了你的祖母，那么你祖母既然死了，你又怎么能存在，你不存在了又怎么能回去杀死你的祖母呢？我总觉得这个故事写得拗口不已，完全没必要这么复杂的嘛，就简单说如果你回到过去杀死以前的自己的话，又怎么能有后面的你再回去自杀呢。

总之，类似这样的祖母悖论型的逻辑悖论我们随便就能想出很多很多，有一个最变态的悖论说的是，你在未来给自己做了变性手术然后回去找到自己和自己生下了自己，我真服了想出这个逻辑悖论的“淫”。这些悖论又如何解决呢？物理学家们研究广义相对论，确实用严谨的数学论证出了时空圈环的可能性，但是祖母悖论显然又在挑战我们的常识，没有人能接受祖母悖论会真的发生。

现代的物理学家们为此争论不休，想出了各种各样的解决方案来避免逻辑悖论的发生，有代表性的解决方案有这么几种：

第一种，叫做自由意志丧失说，物理学家说所有该发生的历史都已经发生了，你不可能改变这个历史，所以一旦你回到过去，你就会丧失自由意志，你完全被历史所控制，你无法改变任何历史的一点点。你听懂了没？总之我是不大听得懂。

第二种，叫做时空交错说，物理学家说你是可以回到过去，但是你回到那个时空和真实的历史时空是平行纠缠在一起的，但永远不可能相交，你可以看见历史，但不能影响历史，这个我听懂了，不就是说“只能看，不能摸”嘛。

第三种，叫做多历史说，这个理论首先是由一个叫费因曼（Feynman, 1918—1988）的美国物理学家提出来的，他说历史不止有一个，你可以回去杀死你的祖母，你也可以回去干任何事情，甚至杀死罗斯福让希特勒取得胜利，什么都可以干，但是请记住，你影响的那个历史和我们这个世界的历史不是同一个。换句话说，当你干下了任何改变历史的事情时，世界就分裂成了两个世界，在我这个世界中希特勒倒台了，在你那个世界中希特勒最后成了全世界的偶像。说老实话，这个理论真够疯狂的，为了让时间旅行合理，动不动就克隆出无数个世界出来。但恰恰是最后这个看起来最疯狂的理论，却得到了最多物理学家的支持，包括像霍金这样的大科学家（参见霍金著《大设计》）。

难道物理学家都疯了吗？这世界有这么疯狂吗，怎么会去相信听起来如此不靠谱的一个理论呢？这是有原因的，因为在过去几十年中，随着物理学家们对量子物理的深入研究——所谓的量子物理就是研究比针尖还小几万万（至少还得打好几个万）亿倍的基本粒子的行为的物理学，物理学家们越来越发现这个世界真是不可思议，很多微观世界的现象只能用一些听起来很唯心的、很过分的、很疯狂的理论去解释，否则如果按常理的话怎么也说通，包括这个多历史的现象似乎在微观世界中每时每刻都在发生着。关于量子物理的话题我们在第九章还得再简单地讲一讲，但也只能简单地讲讲，如果真要说开去的话，还得有一本比本书更厚的书才行。

你可能也看出来了，真要想时间旅行，以我们人类现在的技术是不可能达到的。要扭曲时空就必须要有巨大的引力，产生引力就要有巨大的质量，而质量和能量又是可以互相转换的，所以归根到底要有巨大的能量。日裔美籍著名的物理学家和科普作家加来道雄在他的《不可能的物理学》中曾经做了一个简单的计算，说如果我们能把太阳一天放出的能量全部采集下来的话，这是多大的能量，我粗略地估计了一下，大概等于自人类诞生以来所使用过的所有能量的总和，用这么巨大的能量可以打开一个只有几纳米大小的虫洞，这个虫洞最多只能允许把你分解成无数的原子通过后再在另外一头组装起来。呜呼，看来真是难啊。但你可能也会跟我一样想到这样一个问题，我们现在是没有能力制造时间机器，但是未来人呢，如果在遥遥遥远的未来有人造出了时间机器，那么那个人就有可能乘坐时间机器回到我们或者我们以前的时

代，但是为什么我们从来没有见到这样的未来人呢？也从来没有历史记载有未来人的光临。假设未来无限远的话，假设时间机器确实可以造出来的话，那么概率再小也应该有未来人回来了啊。有这个想法的人还真不少呢，2005年，为了庆祝国际物理年，同时也是为了庆祝相对论诞生100周年，美国麻省理工学院举办了一场“时间旅行者大会”，举办方郑重地在报纸上刊登广告，邀请未来的时间旅行者光临会场，并且携带未来的物品作为证据。大会开了一天，确实来了很多“旅行者”，可惜没有一个能让人相信是“时间旅行者”，这些旅行者都辩称时间旅行只能光着屁股旅行，就像施瓦辛格扮演的终结者那样，所以没有信物。各位亲爱的读者，你们相信还是不相信呢？

## 星际旅行

好了，关于时间旅行的话题我们就聊到这里，这个话题其实蛮有趣的，我建议你把前面说的事情好好地看上三五遍，然后记下来，和朋友喝茶吃饭聊天的时候用自己的语言复述一遍，保证能让你大放异彩，本人就是经常这样放放异彩的，结局往往是话讲完了，菜也被吃完了。讲完了时间旅行，我们该来说说星际殖民有关的话题了，就像《银河英雄传说》中的自由行星同盟的国父海尼森那样远征两万光年，寻找适合人类居住的外星，那么真正的星际旅行可能吗？会遇到什么样的事情？如果我们真的能在几十甚至几百光年（几万光年我是不敢想的）的范围内建立第二个、第三个地球，我们这些星际殖民者的日常生活和时空观念在相对论的理论下又该是一个怎样的情景呢？这类题材的科幻小说也不少，包括著名的《银河英雄传说》，但是小说中的很多事情都是不可能真实发生的，真实的世界会残忍而令人沮丧，让我们先从一堂令人沮丧的算术课开始我们这个话题吧。

同学们，我们要到太阳系以外的地方去殖民，首先我们至少要飞往一个恒星系，只有在恒星的附近才有可能出现适宜人类居住的星球，恒星就是那颗星球的太阳，给它温暖和能量，如果没有恒星，那么在黑漆漆的宇宙中我们肯定是被冻死的。让我们仰观苍宇，看看满天的星星离地球有多远吧。天文学家早就发现，离地球最近的一颗恒星叫做比邻星（半人马座 $\alpha$ 星），距离我们的时空距离是4.3光年，所谓光年就是光跑一年走过的距离。光年这个单位在你小的时候，看到可能会认为是一个时间单位，长大后懂得多一点了，才知道是个距离单位。现在我们有了时空的概念以后，我们发现光年这个单位其实描述的是时空单位。在宇宙空间中因为时空的不平坦性，其实你是没法用公里去定义距离的，就像在海上要用海里来定义距离（因为地球是圆的，海上的直线其实是根圆弧线），在宇宙中只能用光年来定义时空距离，你可以把它看成是距离单位，你把它看成是时间单位也问题不大，时间空间已经成为了一个整体，不分你我。总之，即使是离我们最近的恒星听上去也是离我们非常遥远的，光都要走4.3年嘛，同学们，现在我们来做一些简单的数学计算，看看这颗比邻星离我们到底是多远。以人类目前掌握的技术而言，最快最快的宇宙飞船能飞得多快呢，即使是按照最乐观的估计，大概也只能达到光速的万分之一，来，算算看，飞到比邻星是多少年。没错，是43000年，有没有搞错？！你惊呼一声，我以为人类的宇宙飞船已经够快的了，没想到那么慢啊。抱歉，我这还是给足了人类面子了，阿波罗登月飞船飞到月球差不多用了4天时间，我已经让人类最快的宇宙飞船飞往月球只需要不到3小时了，这面子已经给得够大了。而且，我这还是忽略了加速和减速的时间（这个大概还要耗掉200年呢）。看来，以目前人类的技术实力是没戏了，43000年，不用说人类的寿命问题，就算你能在飞船上生儿育女一代代地延续，也没有任何机器设备能工作那么久的时间，可能用不了几千年就都烂光了。

看来必须要提升飞船的速度，那么你们觉得至少要达到多少速度才有可能进行星际殖民呢？掐指一算，可能得出的结果是最低速度怎么着也得达到光速的十分之一，也就是0.1c吧，这样我们飞到最近的比邻星就只需要43年了，我们且不谈从万分之一光速到十分之一光速的技术难度有多高，我们今天只是一堂算术课。听起来貌似靠谱，从地球出发，算上加速减速的时间，飞50年到达目的地，然后到了以后发个电报回来告知情况，地球要用4年多才能收到电报，这样的话，如果我有幸30岁的时候能到NASA（美国国家航天局）参与这个伟大的比邻星探索计划，那么当我84岁的时候有望听到比邻星那边传回来的消息，总算马马虎虎还能接受，在我有生之年是有希望知道实验结果的。

但是，同学们啊，千万别忘了，我们说的只是离地球最近的比邻星，我们的目的是要寻找适合人类居住的星球，并不只为了到别的恒星系中看看风景，用一生去等待这个风景也太可怕了。遗憾的是，比邻星系很可能找不到任何行星，去了也是白去。按照现在天文学家的估计，离我们最近的类地行星（就是允许液态水存在的固体外星球），大概至少有50光年的距离，也就意味着，我们即便达到了0.1c的速度，飞过去至少也要花500年的时间，并且随着最大速度的增加，加速减速需要消耗的时间也会迅速上升，要达到0.1c的速度，加速减速的时间就可能要占到总飞行时间的一半了，很显然，人类不可能向飞一趟要1000年的地方去拓展殖民地的，就好像你不能指望原始人靠游泳从欧洲去美洲新大陆拓展殖民地一样。这个速度还是不够，必须还得提升，那你觉得，以50光年考量的话，我们的速度至少要达到多少，才有可能进行星际殖民呢？

你心里想着可能需要反算一下，也就是我们先设定多少年能飞到的心理预期，然后再反算要达到的速度。经过一番挣扎，你可能会想，好吧，不管怎样，让我在到达目的地后，能让我的亲人在有生之年知道

我活着到达就可以了，但是我将非常遗憾地告诉你，不管我们怎么努力，哪怕我们的星际飞行速度能无限接近光速，你的这个朴素的愿望还是无法实现，你的亲人也不可能在有生之年得到你的消息。理由很简单，假设50光年外的那颗星球叫做“奥丁”（银英传中银河帝国的首都星），你首先至少要用50年的时间飞到奥丁，到达以后你往回发一个电报，这个电报也需要50年的时间到达地球，你在地球上的亲人从你出发那天起最少最少也要等100年才能等到你的这个报平安的电报。

这确实是一场令人沮丧的算术课，看来，要想星际移民，你出发的那天就是和你所有亲人永别的一天，对你的亲人来说，你不但是一去不复返，而且这一去就是杳无音信，他们用一生也得不到你平安抵达的消息。

但是，如果我们的飞船速度能在很短的时间内加速到无限接近光速（虽然这在今天在技术上还是无法想象的，甚至连理论上的可能都没有），对于星际旅行者的你来说，情况却要乐观得多，50光年的距离对你来说只不过就像是在地球上做了一次长途旅行而已。根据时空穿梭速度恒定的原理，你在空间中的运动速度会分走你在时间中运动的速度，换句话说，你飞得越快，你自己感觉到的时间流逝就越慢，假设你达到了0.9999c的速度飞向50光年外的奥丁星的话，你自己仅仅感觉过去了81天就抵达了，而你在地球上的亲人则已经老了50岁，我们用下面的时空运动图来表现这个概念：

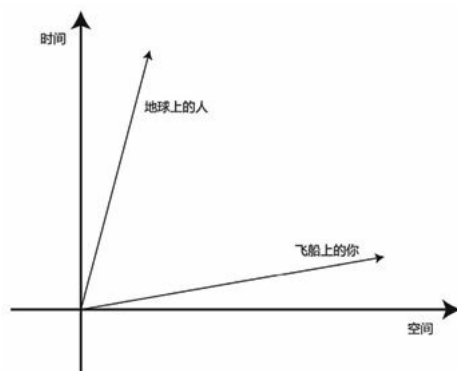


图7-11 地球上的人和星际飞船上的你在时空中运动

在这幅图中，大家都以奥丁星为参照物，地球上的人在时间中运动得很快（接近光速），但是在空间中运动得很慢，而星际飞船上的你则恰恰相反，你在时间中运动得很慢，但是在空间中运动得飞快（接近光速）。所以，以自己的感觉，你没有用多少时间就从地球飞过来了，但与此同时，地球上的时间却在飞速地流逝。

沿着上面这个思路，我们可以得出一个推论，如果地球和奥丁的时空距离是50光年的话，那么就意味着他们的时间距离至少为50年，也就是说，这两颗星球的人想要发生任何相互接触，不管是通信还是旅行，总之，这个50年是不可逾越的。我们现在假设你供职于地球上的一家公司，公司如果派你去奥丁的分公司出差，你坐上星际飞船到达奥丁，办了几天公事再回到地球的时候，尽管你自己觉得只用了几个月的时间甚至更短，但是地球上已经过去100多年了，你的老板早就过世了，你供职的这家公司是否还存在也很难说了。因此在星际殖民时代，恐怕不会发生派人去别的星球出差办点事再回来这种事情，虽然这样的情节随便找一本有星际殖民题材的科幻小说中比比皆是（比如电影《阿凡达》）。

那么我们再来看看在星际殖民时代的约会又会有哪些特点呢，你和你的朋友都在地球上，有一天你们心血来潮相约要到奥丁去见面，比如说你们约定在一年后的今天见面，然后分手各自准备行程去了。我提醒你们注意，你们千万不要以自己的手表为基准，哪怕你们分手的时候对表对得再精确也没用。你们必须非常精确地算准你们的时空坐标，特别要注意时空运动速度恒定这条铁律，各自必须得小心翼翼地算好自己的空间运动速度会如何影响时间运动速度，否则可就完全不是一个人早到一会儿等另外一个人飞过来就行了。要是速度没计算好，很可能发生一个人到了以后苦苦等待一生，老得牙齿都快掉光了才终于见到了活蹦乱跳的另外一个人。

在星际旅行时代，两个人的岁数再也不是处于一种稳定的状态了，如果像银英传里面那样米达麦亚和罗严塔尔奉命去星际空间打击海盗，这两人指挥着各自的战舰出发了，由于战事激烈，他们在广袤的太空中作战，经常要变幻自己飞船的速度，而且偶尔能刚好在太空中会合一下，互相见见面。于是在以后的日子里面，他们会对每次见面相隔的时间产生完全截然不同的意见，米达麦亚觉得隔了好几个月才又遇上罗严塔尔一次，而罗严塔尔却说我们昨天才刚刚见过面呀。再下一次见面的时候，米达麦亚觉得也就是过了一个礼拜都不到，但是罗严塔尔却坚持称至少过了三个月了，这俩哥们每见一次面就争吵一次。他们得特别小心地控制自己飞船的速度，万一速度太快了，等他们回到奥丁的时候，他们的司令官莱因哈特都过世很多年了。

因此，在星际殖民时代必须要建立宇宙历、宇宙标准时和统一的时空坐标参照系，好在咱们的银河系

有一个好处，那就是所有的恒星基本处在相对静止的状态。

我们地球和奥丁星的相对运动速度是很小的，并且我们不妨假设人在奥丁星和在地球上所受到的引力大小是基本相当的，这个也应当好理解，人类不会习惯去一个能使自己体重突然增加好几倍或者轻好几倍的地方长期生活，总还是要在一个人基本能适应的范围内，而这个引力范围对于时空弯曲程度来说是可以忽略不计的。

所以，如果真到了那个在奥丁星殖民的时代，地奥联邦政府可能会同意我的建议，把地球和奥丁星看成是一个大的惯性系，这个惯性系跨越了50光年的时空，在这个50光年的范围内建立时空坐标。以新的宇宙历法规则通过的那天零时为银河纪年元年，仍以一个地球日和一个地球年作为标准宇宙历法的标准日和标准年，在银河纪元元年的零时零分启动一只精心调快过的原子钟，然后把这只原子钟放上星际飞船，以接近光速的速度带到奥丁星，到达以后再把原子钟的频率调节成跟在地球上时一样，于是我们会看到，在奥丁星上的宇宙历生效的那个时刻，原子钟显示的可能已经是：银河纪年50年2月21日13分10秒。因此，奥丁星上有宇宙标准历和标准时的时间是直接从50年后开始的，而不是像地球一样从元年开始。当然，奥丁星上的人必然还是要根据自己的星球的自转和公转日期（奥丁星不一定有月亮，所以可能没有月份的概念）制定自己的地方时，以方便生活。

所以，奥丁星上的手表一般都必须显示两个时间，一个是标准宇宙历的时间，一个是奥丁历的时间，这些手表还得有一个特殊功能，那就是登上星际飞船后，可以根据星际飞船的飞行速度调节手表的频率，飞得越快，表的频率就得跟着调得越高。

假想一下你在星际飞船上看着时间飞快地跳动，一年一年就在你的眼前像走马灯一样地流逝，你又会产生一种什么样的感觉呢？最要命的是，这些走马灯般流逝的时间并不是幻觉，而是实实在在地发生在地球和奥丁星上真实的时间流逝。地奥联邦政府还有一条不得不颁布的法令，那就是所有的星际飞船上的时间频率调快的行为都必须全部详细记录在案，调快频率后流逝的时间不能被算作年龄的增长，如果不颁布这条法令，那么这个世界的伦理就要彻底混乱了，人们再也搞不清楚谁比谁年龄大了。

以上这些就是最粗略的星际殖民时代的时间观念，对于那些要登上星际飞船的人来说，他们必须要做好十足的心理准备，因为登上飞船的那个时刻就是他们真正告别过去、奔向未来的时刻。星际飞船是一艘真正的时间机器，只不过这部时间机器只能把人带向未来而无法返回过去。一旦登上了星际飞船，那么过去的一切就将过去，对于过去的一切亲朋好友来说，你死了；而对你自己来说，亲朋好友们死了，因为你们此生再也不可能相见了。亲朋好友们向你挥手道别，看着你登上星际飞船的景象，就跟看着你走入棺材是一模一样的心情。各位亲爱的读者，我很想知道，此时此刻的你对于星际殖民时代是感到激动呢还是感到沮丧，过去曾经看到过的所有此类题材的科幻小说和科幻电影是不是都有一点点变味了呢？

## 星际贸易

如果你刚好是感到沮丧的那大多数人，那么至少接下来我将告诉你一个让你感到振奋的好消息，那就是虽然你告别了过去，奔向了未来，看起来你抛弃了一切，可是你完全可能瞬间拥有巨大的财富。此话怎讲？想象一下，如果你在出发去奥丁前，把自己所有的积蓄拿出来，虽然只有很可怜的1万块钱，你咬咬牙买了一个年化收益率为8%的理财产品，并且约定到期后每年都把本金加利息一起继续投资，然后，你飞向奥丁星，并且在奥丁星逗留了几天又坐飞船返回了地球，此时对于你来说，地球上已经过去100年了，你知道你那1万块钱变成多少钱了吗？做一个简单的复利计算，1.08的100次方就是你最后的本息合计了，当然单位是万，然后再按照5%的平均年通货膨胀率扣除蒸发掉的钱，我告诉你是多少，千万别吓着，是2068万元，你从一贫如洗的无产阶级一下子就变成了千万富翁。还有更爽的，如果你努力一点，找到了一个年化收益率为10%的理财产品（这并非不可能），猜猜看，年化收益率多了2%，看起来多得不多，但是100年后，你1万块钱变成多少了呢？是1亿3千6百49万元，你都不敢相信自己的眼睛了吧，一下子又从千万富翁变成了亿万富翁。“太好了，太好了！”你咬牙切齿地叫到：“这星际飞船我是坐定了，哪怕是棺材，为了我的亿万富翁的梦想，我也非上不可了。”

你忽然明白了，原来利息是这么强大的一个东西啊，我们平时往银行里面存钱一年两年看不出啥来，但是没想到时间一长，这复利的力量还真是强大啊。那么既然你都意识到了利息的重要，对于往来于星际间做贸易的那些精明的商人，他们那更是算得极其精确的。

在你朴素的观念中，所谓的贸易嘛，不就是投机倒把、低买高卖嘛，我在深圳花10万元买了一批数码相机，到了北京15万元卖光，从中获利5万元，当然可能还要扣掉几千元的运输和住宿、吃饭之类的成本。但总体来说，能不能赚钱的关键在于买卖的差价，差价越高，赚得越多，差价越小，则赚得越少，如果很不幸地跑到北京的时候数码相机的价格还跌破买入价了，你就等着赔钱吧。

在这个观念中，你从来不会考虑钞票的“时间价值”，至少不会很在意。你一般不会去算计这笔钱如果不去做贸易，而放在银行中是不是会赚得更多。但是到了星际贸易时代，如果观念不改变，那可就要大大地吃亏了。想象一下有弟兄俩，同时登上星际飞船从地球去奥丁，哥哥听说黄金的价格在奥丁比地球上贵100倍，哥哥一激动就把所有的1万块钱积蓄全部买了金条准备带到奥丁去卖掉，大赚一笔。但是这个弟弟

比较傻，经不住银行那些卖理财产品的销售员的劝说，买了一个年化收益率8%的理财产品。俩人上了飞船后，哥哥一听就嘲笑弟弟太愚蠢了，放着100倍的差价不赚，居然去收那可怜兮兮的8%的利息。俩人飞到了奥丁，哥哥如愿以偿，1万元变成了100万，他心满意足地和弟弟一起坐飞船回到了地球，到了地球才发现，弟弟变成了千万富翁，弟弟的1万元变成了2000多万。

可见，在星际贸易中，金钱的时间价值，换句话说也就是利率，成了最关键的因素。2008年诺贝尔经济学奖得主保罗·克鲁格曼（Paul Krugman）曾经写过一篇论文，题目就叫做《星际贸易学》，发表在2010年3月的《经济探究》上，在这篇论文中，保罗提出了星际贸易学的两大基本定理：

星际贸易第一定理：做贸易别忘了利率，而且计算利息记得一定要用宇宙历，千万别用自己飞船上的时间。

星际贸易第二定理：随着贸易的往来，不同星球间的利率最后一定会趋于一致。

这第一条定理我想你一定看懂了，说得太在理了，要是做星际贸易忘记了计算利息，那简直亏惨了，因为真正做贸易的往往都是先贷款，然后进了货去卖掉，再还银行钱，赚取价格差和利息之间的差价。所以，在星际贸易中，只有价格差足够大，而且足够偿还利息的时候，商人才有利可图。

那第二条定理呢，其实也很好理解，商人们都是精明的，他们很快就会发现星际贸易的成本主要是金钱的时间成本，利率差一点点都是天大的不得了的事情，因为动不动就是50年100年的，所以，赚钱的关键在于两星球之间的利率差异，但是随着自由市场竞争的加剧，价格战的升级，利润会逐步降低，最后的结果一定是导致两星球的利率逐步趋同，只要一边敢稍微提升哪怕一点点利率，那么大量的热钱马上就会涌入进来，这个情况居然跟我们这个时代国家间的利率调整产生的效应也是一样的。

保罗在论文最后得出的结论是，星际贸易中的经济规律在本质上和地球上的国际贸易没啥太大的区别，虽然相对论效应会在时间和空间上带来许多不可思议的改变，但是在经济学上，相对论却改不了什么，经济学规律貌似凌驾于物理规律之上。不过呢，大多数经济学家也不太懂相对论，他们对保罗的这篇奇异论文也就是一笑了之。至于我们该不该相信保罗，我想这不重要，重要的是我们在茶余饭后多了很多有趣的谈资，我们对这个宇宙又多了一分认识。

在本章中，我们从建立时空这个概念开始，然后由时空我们看到了神奇的时间旅行，再来到广袤的太空做起了星际旅行和星际贸易，希望这趟旅程能称得上我一开始就跟你承诺的“惊奇之旅”。

你可能还意犹未尽，沉浸在时间旅行和星际旅行的遐思中，甚至有点恋恋不舍，难道关于时空的惊奇之旅就这样结束了吗？真的就这样结束了？

哦，我很高兴地告诉你，没有，还没有结束，时空之旅还有最后一段旅程，可能这最后的一段旅程称不上惊奇，但我敢保证，最后这段旅程绝对是一场思维的盛宴，它将挑战你想象力的极限，这是相对论的最高潮部分，就像伟大的贝多芬第九交响乐的最后一个乐章《欢乐颂》一样，旋律和节奏都没有任何的惊奇之处，但是它所展现出来的恢弘和气势，堪称人类交响乐史上的喜马拉雅山。如果真有一个上帝的话，那么我们时空之旅的最后一段将要照耀出来的人类理性的光辉，必会让上帝都感到夺目。

我们将在下一章体会相对论的高潮，同时揭秘2005年国际物理年标志的含义，为什么全世界的科学家会选择用这个标志来纪念相对论诞生100周年呢？



图7-12国际物理年标志



# 第八章 再谈四维时空

## 宇宙的终极图景

我们人人都生活在一个四维时空中，其中，空间有三个维度，时间一个维度，我们在四维时空中的运动速度恒定为光速，这是我们在上一章中了解到的内容。把三维的空间拓展到四维，这个并不是爱因斯坦首先想出来的，而是他的大学老师、德国数学家闵可夫斯基首先提出——应该把时间也作为空间的一个维度与另外三个维度整合起来。在他看到学生爱因斯坦的相对论之前，他就有了时间维的初步想法，在看到相对论后，闵可夫斯基恍然大悟，一点就通，数学大师不愧为数学大师，他很快（1908年）就在相对论的基础上建立起了闵可夫斯基时空的数学模型，爱因斯坦对此也是敬佩不已的。下面首先让我们来看看闵可夫斯基的四维时空图是怎么回事，这可是一个相当有趣的模型。

图只能画在二维的平面上，在二维的平面上想表达三维的物体本就已经很困难了，还要学会透视法什么的，现在闵可夫斯基居然想在二维的平面上表达四维空间的运动，那真是具备超凡的勇气和智慧的。闵可夫斯基是这么想的：运用二维上的透视法，最多只能画出三个维度的物体形象，这个是我没法改变的，现在我必须要体现出时间这个维度，那么既然如此，我只好牺牲一个空间维度，让我们先把三维的空间压缩成二维的空间，这样我们就能在纸上把空间和时间尽可能地画在一起了。

于是，闵可夫斯基画出了这样一张时空图：

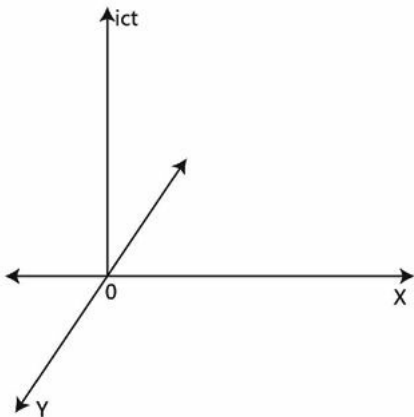


图8-1 闵可夫斯基四维时空基本图

我已经看到了你失望的眼神，你可能满心期待能看到一张惊世骇俗的做梦也没想到过的神图，可惜，看到的就是一张貌似随便找本中学数学课本打开就能看到的图。各位，耐心点，真正精彩的大片往往都是从平淡的开头开始的，鲁迅先生诗曰：“心事浩茫连广宇，于无声处听惊雷。”我觉得形容的正是你接下去将要看到的内容。请先耐着性子听我解释一下，上面这幅图的X轴和Y轴表示空间坐标（把一个空间维度，也就是Z轴给忽略了），并且空间坐标是两端延伸的，表示在空间中可以朝正反两个方向运动。竖着的这根线就是时间坐标（ $ict$ ），为了让坐标系的单位统一，所以这根坐标的单位是光速 $c$ 乘以时间 $t$ 得到的就是跟空间坐标单位一样的距离概念了，那为什么前面还要加一个 $i$ 呢？在高等数学里面， $i$ 表示虚数，也就是说，闵可夫斯基为了表达时间这个维度和空间维度的区别在于时间维只能朝一个方向运动，所以加了一个表示虚数的 $i$ 以示区别。

闵可夫斯基四维时空坐标的要点是：1. 所有的坐标轴互相垂直。2. 坐标轴单位统一。3. 表示时间维度的轴只能朝一个方向运动。

接下去，我们的思维盛宴要开始慢慢上菜了。第一道菜：如果以地面为时空坐标原点，站在地面上不动的爱因斯坦，他的时空运动轨迹是怎样的？

先思考5秒钟，然后我们上菜：

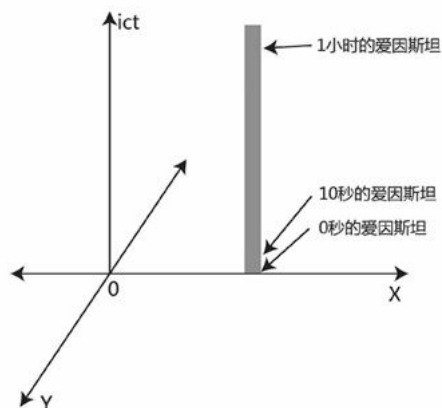


图8-2 爱因斯坦在时空中的轨迹

爱因斯坦在时空中的运动轨迹是一根和时间轴平行的直线，他在空间中没有相对运动，但是在时间中运动，因此时空图如上所画，应该很好理解对吧。闵可夫斯基把物体在时空中运动的轨迹称之为“世界线（World Line）”，这根世界线上的每一个点称之为“世界点（World Point）”，请记住这两个名词，我们后面就直接用这两个名词来说事，可以节省很多笔墨。我想特别提请各位读者注意，世界线是真实存在于我们生活中的宇宙中的，你不能把它仅仅当做是闵可夫斯基的头脑风暴练习，或者是一种假想图，它是一个客观存在，就如同民航管理局绝不能忽视一架飞机在空间中的飞行轨迹一样（如果轨迹计算不精确，可是要撞机的），未来如果有一天成立了时空管理局，那么世界线就会如同现在的飞机飞行轨迹一样重要。

第二道菜：仍然是以地面为时空坐标原点，一列在地面上行驶的高铁，它在时空图中的世界线是怎样的？

可能你脑子里已经有答案了，我们上菜，看看是不是想的一样：

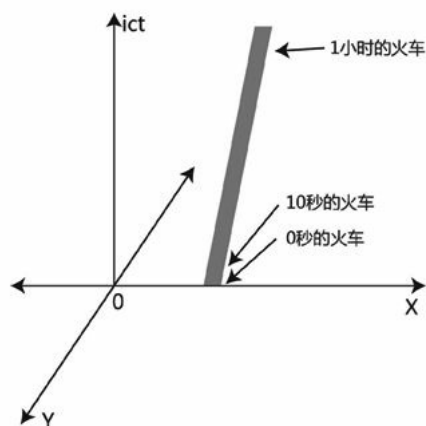


图8-3 高铁运行时的世界线

高铁的世界线是一根斜线，因为它在时间维运动的同时，也在空间维中运动，所以时空轨迹就是一根斜线。

第三道菜：这次如果以太阳作为参照系，请分别画出地球和太阳的世界线。

这次的题目貌似难了一点，地球是绕着太阳做圆周运动的，它的世界线应该是怎样的呢？让我画出来给你看：



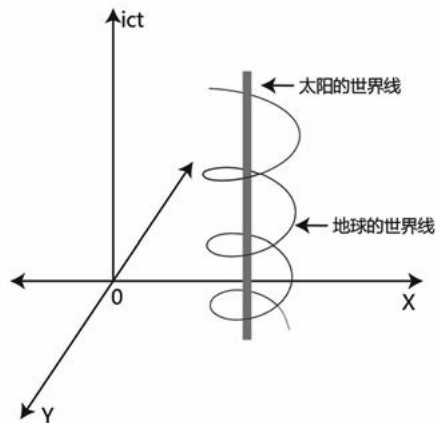


图8-4地球的世界线是一根螺旋线

地球的世界线就像是一条盘绕在太阳世界线上的蛟龙，蜿蜒而上，是一条规则的螺旋线。这次你可能要稍稍想一下才能理解过来，不过我相信这肯定难不倒你，这道菜你还是很轻松地就吃下去了。

第四道菜：以湖面作为参照系，请画出一颗石子扔进湖水中产生的一个涟漪的世界线。

这道菜看上去有点复杂，不知道该从哪里下筷子，别心急，让我来帮你画出涟漪的世界线：

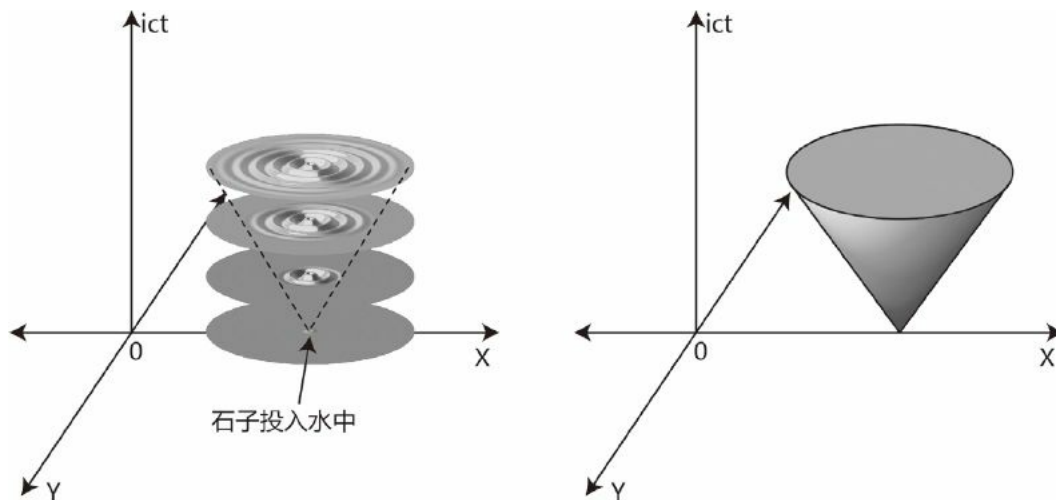


图8-5石子投入湖水，产生的一个涟漪的世界线是一个倒圆锥

湖水中的一个涟漪的世界线不再是一根“线”，因为涟漪无法再被看成是一个“点”了，它的世界线实际上是一个倒放的圆锥体，随着时间的增加，体积不断增大。

第五道菜：以太阳为参考系，请画出太阳光的世界线。

这次可是真正的挑战来了，太阳发出的光不同于一个平面上的涟漪，太阳是一个球体，它向空间的四面八方发出光芒，把太阳想象成一盏灯泡，在点亮的那个瞬间，就会形成一个光球（你可能会想起爱因斯坦的第一个梦“环球快车谋杀案”），这个光球在百万分之一秒就达到了直径600米，一秒后，直径就达到了60万公里，相当于地球直径的47倍，这个光球可以装下10万个地球，这仅仅是一秒钟，真是一个疯狂暴涨的光球啊。

这个光球不同于火车和涟漪，它在空间的三个维度中都在运动，因此我们是不可能准确地在只有三个维度的时空图中画出它来的，但是如果我们忽略其中的一个空间维度的话，我们会发现光球的扩散在二维平面上的投影和湖水的涟漪是一样的，随着时间的增加而不断地向四面八方扩散。于是，如果在忽略了一个空间维度的时空图中画出来的话，太阳光的世界线和涟漪的世界线是一样的。如下图所示：

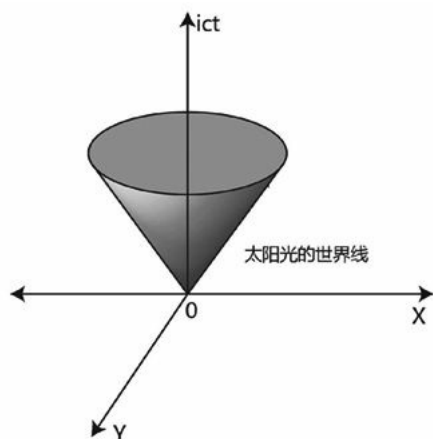


图8-6太阳光的世界线形成了一个圆锥体，称之为光锥

这个由光形成的圆锥体，闵可夫斯基把它称之为“光锥”，当然，真实的四维时空中的光锥是一个四维光锥（或者可以叫超光锥），我们现在看到的只是它的三维近似形状，但是这个四维光锥的基本特点在上面这幅图上是基本准确的，随着时间的增加，光锥的体积迅速地增大。

我们现在是用了一个会发光的太阳作为时空坐标原点，我们很容易就画出了该时空坐标的光锥图。下面重点来了，请一定听仔细，任何一个事件都可以当做是时空坐标原点，不管这个事件会不会发光，我们都可以假想这个事件是发光的，那么就可以画出这个事件的光锥图，这个光锥被闵可夫斯基称之为“事件的将来光锥”。什么叫事件？宇宙中发生的任何事情都可以称之为一个事件，小到一根针落地，大到太阳爆炸，一切一切的事情都可以称之为一个“事件”。

下面，闵可夫斯基为我们隆重献上第一道大菜，这是一个伟大而深刻的发现，它是狭义相对论的一个气势恢弘的推论，直接把我们的视野扩展到了全宇宙。闵可夫斯基在1908年的一次名为《时间与空间》的演讲中向世人大声宣布了他的一个发现：

宇宙中的任何事件都只能影响它的将来光锥内的物体，凡是在事件的将来光锥外的物体不会受该事件的任何影响。

上面这句话有点长，但是请你仔细读一下，这是本章的第一个惊雷，高潮正在慢慢酝酿。可能你没有完全读懂，让我来画一个图示帮你理解：

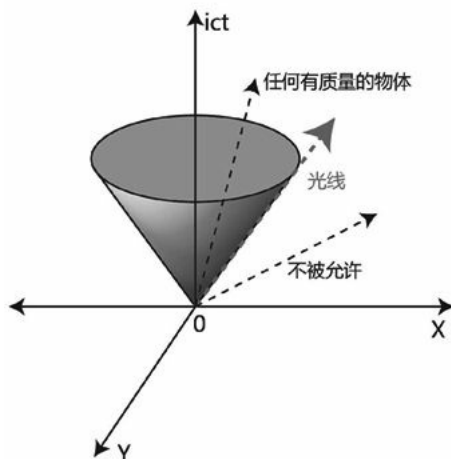


图8-7 任何有质量物体的世界线必在事件光锥之内

根据狭义相对论，任何有质量的物体的运动速度都不可能超过光速，因此事件的光锥是该事件能够影响到的最大时空范围，凡是处于这个光锥之外的东西均不受影响。举个例子，如果此时此刻太阳突然熄灭了，但是我们在太阳熄灭的头一秒钟，仍然处在太阳熄灭事件的光锥之外，那么这个事件不会对我们造成任何影响，我们也根本不可能知道这个事件，只有当8分钟后，事件光锥覆盖到了地球所在的位置时，该事件才对我们产生影响。

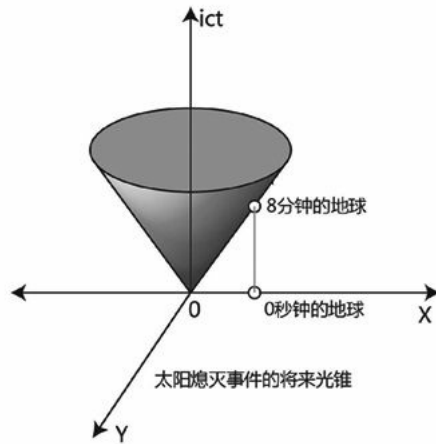


图8-8 太阳熄灭事件的将来光锥8分钟后和地球的世界线接触

千万不要小看这个发现的意义，这是对这个宇宙规律最深刻的发现之一，这个发现告诉我们宇宙是一个“定域”的宇宙，也就是任何一个事件能影响的时空范围是有大小的，不但有大小，而且大小还是固定的一个圆锥形。注意我的用词，我说的是时空范围，并不是空间范围，所以我把时间增大光锥体积增大的情景已经一并说了。

那么请大家继续再往下深想一步，既然现在发生的任何事件对将来的影响是“定域”的，那么过去曾经发生过的事情对现在的影响必然也是“定域”的，既然有了事件的将来光锥，那么同样也应该有事件的过去光锥，过去光锥代表的是过去发生的事件对现在的影响，我们画出图来：

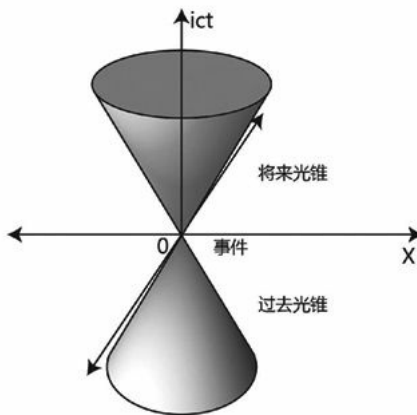


图8-9 事件的过去光锥和将来光锥

事件的过去光锥刚好是把将来光锥倒过来放置，形成一个沙漏的形状，这个不难理解，打个比方就是只有8分钟前的太阳熄灭事件会影响到现在的我，2分钟前的熄灭事件不可能影响到现在的我。

这下你明白国际物理年同时也是纪念相对论诞生一百周年的标志的含义了吗？

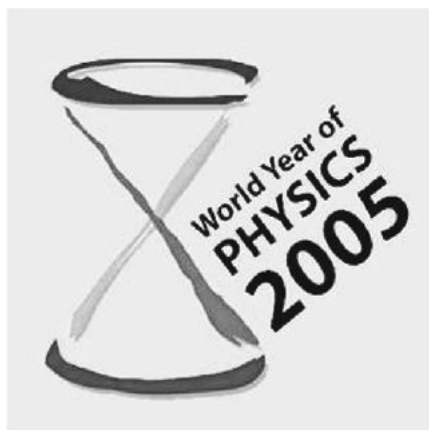


图8-10 2005年国际物理年的标志

它就是一个抽象的事件光锥的全貌，喻示着物理学的过去与未来，这个事件光锥与 $E=mc^2$ 一样都是相对论的标志性象征，它蕴涵着深深的宇宙奥秘，足够你我用一生去慢慢回味。

闵可夫斯基的四维时空图和事件光锥的发现深深震撼了爱因斯坦。同时他们两个人心里都明白，这事肯定还没完，宇宙的奥秘只是刚刚露出了冰山一角，四维时空图也只是一幅刚刚展开一点点的卷轴画，这幅卷轴画全部展开后，到底会在人类的面前呈现怎样的一幅全景图呢？闵可夫斯基和爱因斯坦都怀着深深的好奇，他们都迫不及待地想要一览卷轴中的秘密。这一年闵可夫斯基44岁，爱因斯坦29岁，他们一个沿着数学的思路，一个沿着物理的思路继续去发掘时空图中隐藏的秘密。

第二年圣诞节刚过，天气异常的寒冷，闵可夫斯基和两个不满10岁的女儿亲吻道晚安，看着她们甜甜地进入梦乡，然后，他转身回到自己的书房，点亮台灯，迫不及待地开始了演算。最近他为一些新的发现和计算结果感到兴奋不已，他觉得自己已经快要解决狭义相对论的缺憾，那就是狭义相对论不能包含非惯性系的问题。突然，他感到中腹有隐隐的疼痛，闵可夫斯基并没有特别在意，他想可能是吃坏了肚子，没事，挺一挺就过去了；但是很快中腹的疼痛开始向右下腹转移，而且越来越剧烈，很快就疼得他掉下了大颗大颗的汗珠，他一声惨叫，妻子闻声跑过来，看到此情景吓坏了，立即把闵可夫斯基送往医院。但最终抢救无效，闵可夫基于三天后去世。科学界的一位重量级人物正值创作力最高峰的时候霍然陨落，实在让人感到万分遗憾。夺去闵可夫斯基生命的其实就是在今天看来毫不起眼的急性阑尾炎，切除它只是现代外科手术中最最简单的一个，任何一个乡镇医院的外科医生都会做，然而它却夺去了闵可夫斯基的生命。若不是闵可夫斯基的意外身亡，第一个完整打开卷轴看到宇宙终极图景的人很可能就不是爱因斯坦而是闵可夫斯基。

闵可夫斯基死后，他生前的挚友希尔伯特（我们第五章结尾提到的希尔伯特空间的发现者）整理了闵可夫斯基的遗作，并且结集出版，而爱因斯坦在看到闵可夫斯基的遗作后深受启发，最终一个人独立完成了广义相对论。广义相对论发现了时空弯曲这个惊人的事实，然后爱因斯坦又从数学的角度推断出宇宙要么膨胀要么收缩，最后由美国人哈勃证实我们的宇宙正在快速膨胀，人类从而认识到宇宙是有一个开始的，很可能开始于一次恢弘的宇宙大爆炸。这些是我们在第五章最后已经了解过的内容，在这里重提此事，因为它事关时空图的终极图景，下面，就让我来为你打开卷轴，让我们一览这个宇宙的终极图像，这是以爱因斯坦为首的广义相对论学家们和天文学家们苦苦追寻了几十年的图像，这是他们日思夜想、梦寐以求的图像：

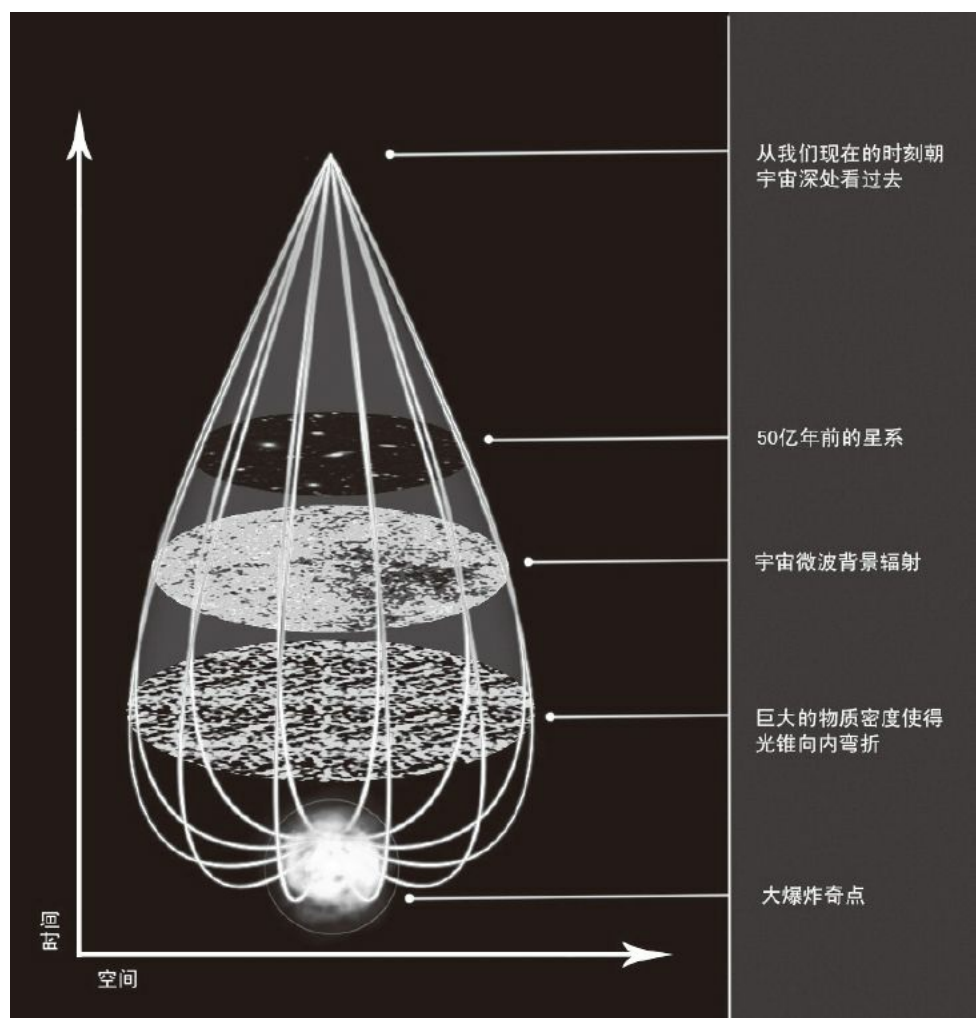


图8-11我们的宇宙图像——果壳中的宇宙

这就是我们这个浩瀚宇宙的终极图像，宇宙的未来还未发生，我们不敢妄言它的图像。但是宇宙的过去我们已经可以看到，请你现在跟我一起闭上眼睛（开个玩笑，闭上眼睛了还怎么看我后面要你想的事情，那就闭上一只眼睛吧），让我们一同想象一下你站在星空下，朝着宇宙的任何一个方向望去，你看到的既是浩茫的空间，也是深远的时间，天上的星星发出的光芒跨越了几万几亿光年达到了地球，你看到的正是几万几亿年前的星星，我们看得越远，就是看得越早，我们每时每刻抬头仰望星空，看到的正是一个过去的宇宙。这个终极的宇宙图景看上去像一个什么东西呢？是不是很像一个坚果呢？比如一颗瓜子，一颗松子，一颗榛子，宇宙的过去光锥就像这个坚果的外壳，包裹着我们的宇宙万物，我们的宇宙是一个果壳中的宇宙。霍金在1988年完成了他的科普巨著《时间简史》后，又在2001年创作了他的第二部科普巨著，起名《果壳中的宇宙》，第三本是新近完成的《大设计》，这三本书的名字起得确实非同凡响，气势磅礴，内容也是层层递进，让人目不暇接。

## 神奇的四维

本章的内容就像是一首古典交响乐，由平静的序曲开始，逐渐进入主题，然后达到高潮。现在本章的高潮已经来临，让我们一同来继续领略四维时空的奇景。

我们每个人都已经习惯了三维的世界，所有的物体都有长、宽、高的基本属性，我们也很容易知道二维平面的图景，一幅画就是二维的，那么一根线就是一维的，可是我们却怎么也想象不出来四维的物体长什么样，有什么特性。一个三维空间的正方体，我们很容易想象出它们的样子，可是一个四维的正方体，我们称之为超正方体，或者一个超圆锥体、超圆柱体、超金字塔，你能想象出它们的样子吗？这似乎已经在开始挑战我们的想象力极限了，但是不要怕，这不有我在呢，让我帮助你一步步地把四维物体的形象建

立起来，我们从研究超正方体开始这段思维之旅。

我们先不用急着直接把超正方体的形象想出来，让我们先来研究一下维度之间的关系，每多一个维度意味着什么？会带来哪些变化呢？

让我们先从一维的世界开始。如果这个世界是一维的话，那么这个世界的生物都是一根线段，只有长度，没有高度和宽度，它们的头尾各有一个眼睛，它们可以在X轴方向左右移动，但是永远也无法超越前面的人，要与隔着一个“人”打声招呼都是不可能的，更不要说与别的同伴见面，他们只能通过与其相邻的“人”传话过去，一维生物的交流就永远只能是报数，一个挨一个地报过去。

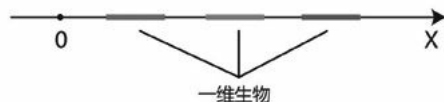


图8-12一维世界中万物都是一根线段

这个一维世界是一个狭窄得让人窒息的世界，在这个世界中自然不可能有任何形状的概念，一切都是线段，那么如果突然有一天，一根一维的线段获得了朝另外一个维度，也就是Y轴方向运动的能力，那么它的运动轨迹会变成什么呢？让我们画个图来研究一下：

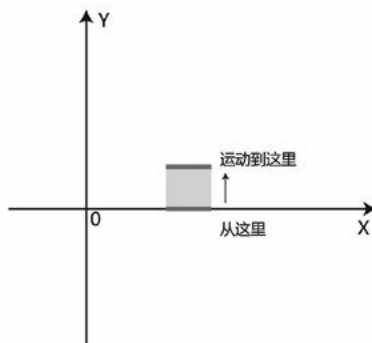


图8-13 一根一维的线段朝Y轴方向运动一段距离后，轨迹形成一个正方形

一维线段只有2个顶点1条边，它在二维方向运动一段距离后，两个顶点就多了一倍，变成了4个，我们把两个顶点运动前后的位置用线连起来，于是我们看到轨迹就形成了一个正方形，这个正方形有4个顶点4条边。一旦从一维的世界拓展到了二维的世界，整个天地豁然开朗，世界从一根只有长度没有高度的“线”突然变成了一幅画，在这个二维世界中，生物可以任意游走和穿行其间，可以跨过相邻的“同伴”直接与别的同伴见面。如果一维生物有感知的话，它们一定会被眼前的奇景所震撼，做梦也想不到居然可以有如此宽广的天地。天地之大令它们难以想象，并且这个二维世界里的物体再也不是只有长度区别的一根线段了，可以拥有如此复杂多变的形状，形状的数量之多简直就是无穷无尽的，一个一维诗人在看到了二维世界的奇观后，带着它奇特的口音由衷地吟出这样的“诗句”：嘛叫宽广，界就叫宽广。

然后，突然有一天，一个二维的正方形获得了在另外一个维度，也就是Z轴运动的能力，那么它的运动轨迹又会变成一个什么？让我们画出图来看一下：

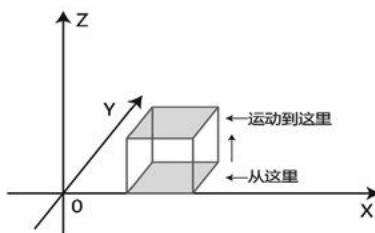


图8-14二维正方形朝第三个维度运动后形成正方体

我们看到，一个二维的正方形在三维方向运动一段距离后，原来的四个顶点翻了一倍，在新的位置又形成了4个顶点，于是我们还是用老方法，把顶点在运动前后的位置连起来，于是形成了8个顶点和12条边（正方形本来有4条边，运动后在新位置又有4条边，然后顶点连线再形成4条边，加起来刚好12条边）的一个正方体。这个世界从二维的画变成了三维的空间，天地开阔了岂止百倍，如果生活在画上的二维生物突

然来到了这个三维世界，它再回看自己曾经生活过的二维世界的话，你觉得它会怎么想？它必定会为眼前的景象所惊呆：旧有的世界观一去不复返，原来我们以前那个世界是如此狭窄得令人窒息啊；原来我们认为的牢不可破的监狱根本无法关住犯人，一个犯人如果跟我现在一样能在第三维运动，他只要轻轻一跨，就在看守们做梦也想不到的地方越狱了；原来我们以前那个二维世界的保险箱是如此的不保险，从我现在三维的角度看过去，一切都不再是保密的，保险箱内的东西全都一览无余，轻易就可以取出来。眼前的这个三维世界实在宏大得不可思议，万物不仅仅只有形状，还有体积，无穷无尽的形体变化除了用“难以置信”去形容，实在找不出第二个恰当的词了。

霍金在《果壳中的宇宙》一书中风趣地说二维生物和三维生物的区别在于，二维生物想要消化食物会非常的困难，因为如果他们的嘴到肛门是被一根肠子联通的话，那么他们必然会被一分为二。其实别说肠子了，二维生物的血管会把他们分割成无数的小块，彼此不相连。

下面是重点来了，各位读者务必打起精神。

如果，突然有一天，一个三维的正方体获得了朝第四个维度运动的能力，那么它的运动轨迹会形成什么样的一个形状呢？虽然我们暂时无法在头脑中想象出来，但是根据我们之前的维度增加的经验，我们至少可以推断出，这个四维的超正方体必然有16个顶点（原位置8个顶点，运动后在新位置产生8个顶点），然后有几条边呢？在原位置有12条边，新位置又有12条边，然后把8个新老顶点连接起来又产生8个边，因此，这个超正方体就会有 $12+12+8=32$ 条边。这样我们就得出结论，超正方体有16个顶点32条边，这样我们就至少可以画出它在三维空间中的近似图，或者认为这是它在三维空间中的投影：

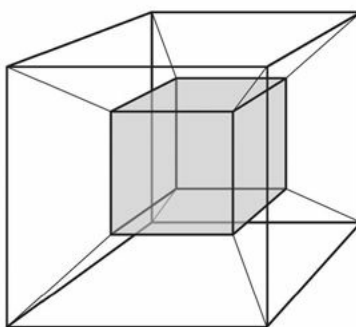


图8-15 超正方体的三维投影

看，这就是超正方体在三维空间的投影，哦，可能有些读者对投影的概念不是很理解，那么我画一个正方体在二维平面的投影图出来，你马上就理解了，这也会帮助你想象超正方体的真正形态：

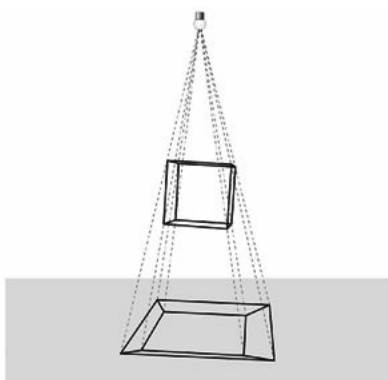


图8-16 正方体在二维平面的投影

从上面这幅图中，我们可以看到，物体的投影虽然并不是物体的真正形态，但是它能准确地体现出该物体的基本特征。请把两幅图结合起来，然后，闭上眼睛，努力在脑中冥想一下，过一会儿告诉我你想到四维超正方体的真正形态是什么样子的。

过了一分钟，你睁开眼睛，然后茫然地告诉我：“大哥，很抱歉，还是没想出来！”

嗯，不奇怪，我料到了，这玩意儿确实不是太容易想，还好我还留着一招后手，让我继续来帮助你做这个思维体操。下面我们来看看，如果你把一个三维正方体在二维平面上展开，会得到一个什么样子的形状呢？换句话说，其实就是把一个纸板箱展开全部平铺在地面上，会是一个什么样子呢？我们画出图来看

一下：

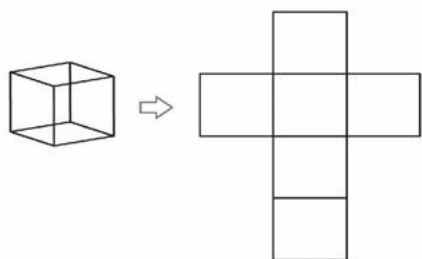


图8-17 正方体在二维平面展开的样子

一个正方体总共有6个面，注意看正方体的二维投影也是6个面，这个基本特征是相当准确的。把6个面展开，就得到了上图所示的样子，其实就是一个纸盒子剪开压平的样子。那么，你能不能画出超正方体在三维空间展开后的样子呢？三维到二维展开的关键是研究总共有多少个“面”，那么从四维到三维的展开关键就是研究总共有多少个“体”，我们从超正方体在三维空间的投影可以数出来，总共是8个“体”，这个基本特征是准确无误的，所以，超正方体在三维空间展开后的样子应该是这样：

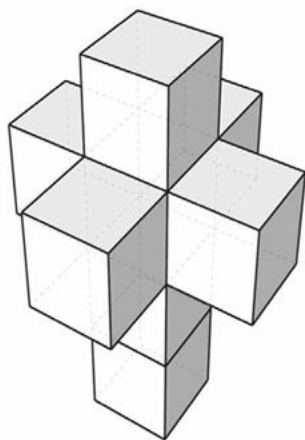


图8-18超正方体在三维空间展开后的形态

于是，我要你再次闭上眼睛，把超正方体在三维空间的投影和展开图都在脑子里面过一遍，然后努力想象一下超正方体的真正形态，你能想象得出来吗？

这次过了整整五分钟，你睁开眼睛，还是一脸茫然地告诉我：“大哥，还是想象不出啊！”

我答道：“别难过，其实，大哥跟你一样，也想象不出来。”

这种状况，就跟作为三维世界中的我们去跟一个二维世界的人讲解什么是正方体一样。在二维世界中，只有正方形，没有正方体，你费尽口舌，举了无数例子，从二维正方形在一维上的投影再讲到二维正方形在一维线段上的展开，然后再画出正方体在二维平面上的投影以及展开图，希望通过类比的方法让二维人想象出正方体的真正形态，口水都讲干了，可是，二维人仍然茫然地看着你，摇摇头说：“大哥，还是想象不出来。”其实，在面对超正方体的想象力上，我们比那个可怜的二维人好不了多少。当一个二维人有一天终于能看到三维的世界后，他的震惊该是多么巨大，他除了不停地重复“难以置信”这个词以外，实在找不出恰当的形容词了。

其实我们人人都生活在四维时空中，理论上说，我们每时每刻都在时间这个第四维上运动，但问题是，时间这个维度是单方向的，因此我们无法回头看见过去的自己，从而也无法感受到四维空间之大。但是，难道就不能有第四个空间维度存在吗？时间可以看成是第五维，四维时空变成了五维时空。如果真有第四个真正可以正反两个方向运动的空间维度，那么我们三维人是真的有可能跨出我们这个世界的“画”，从第四个空间维度俯瞰我们这个世界，请想象一下我们将面对的是怎样一番令人难以置信的奇景呢？

天地之大，你该如何用语言去形容四维空间的宽广呢？我真的是无法形容得出来，但是好在有比我高得多的高手，他就是有中国科幻作家第一人之称的刘慈欣先生，在他的巅峰之作《三体3·死神永生》中对四维空间的奇景有着惟妙惟肖的描述，其逼真感和现场感令人叹为观止，如果你有兴趣想对四维空间有进一步的认识，不妨一读。



如果真有第四个空间维度，那么为什么就不能有第五个、第六个，以至于无穷多个空间维度呢？发出同样诘问的人不仅仅是我，也有全世界许多著名的物理学家，恰恰是这个诘问引领现代物理学家打开了基础理论物理研究的一个全新领域。按照目前最新的理论，我们这个宇宙在诞生的时候总共有10个维度，其中有9个空间维度，1个时间维度，经过百亿年的演化，现在6个空间维度已经蜷缩在了微观世界中。关于这个话题，我们在本书的最后一章还要再次讨论，那又将是一段充满挑战的思维之旅。

好了，关于时空的旅程到此就正式结束了，结束这段时空之旅的同时，我们关于相对论本身是什么的话题也就全部讲完了，我希望这10多万字阅读下来，你终于对相对论有了一个基本的认识，不再觉得相对论很神秘，很难懂了。

但是，相对论结束了，物理学并没有结束，我们的书也还没有结束，因为，好戏还在后头。最后两幕大戏上演之前，我必须先来带你认识一下爱因斯坦的世界观、宇宙观。爱因斯坦对这个宇宙的认识有一个中心两个基本点，先说两个基本点。

第一，爱因斯坦认为这个宇宙是“定域”的，这个概念我们在本章前面刚刚讲到过，也就是说一个事件的将来光锥决定了这个事件对时空的影响范围，而它的过去光锥决定了怎样的时空范围可以影响到这个事件本身，过去光锥和将来光锥都是有大小和形状的，也就是说这个宇宙是一个定域的宇宙，任何事件之间都不可能超越这个范围而产生相互影响；

第二，爱因斯坦认为这个宇宙是客观存在的，宇宙万物的运动规律独立于观察者而存在，不论是否有人的存在，皓月星辰、茫茫星海，它们的运动是一个客观存在。不管是在人类诞生之前，还是人类灭亡之后，宇宙仍然是在按照它自身的发展规律一丝不苟地演化，用宇宙自己的话说就是“我膨胀也好收缩也好，与人类何干。”

围绕着这两个基本点，爱因斯坦还有一个中心思想，那就是“因果律”，宇宙万物有果必有因，有因必有果，宇宙从大爆炸开始的那天起，就在朝着确定无疑的方向演化，不管我们知道也好不知道也好，宇宙的未来早就已经是一本写好的剧本，宇宙必然会按照剧本的要求丝毫不错地演化下去。

爱因斯坦虽然用相对论颠覆了牛顿物理学，但是在因果律这个基本宇宙观上，爱因斯坦和牛顿是一模一样的。牛顿认为，如果我们能够知道某一时刻宇宙中所有物体的运动状态，那么只要拥有足够强大的计算能力，我就可以确定无疑地计算出宇宙的过去和未来，分毫不差。爱因斯坦的名言是“宇宙最让我难以理解之处就在于它居然是可以被理解的”。爱因斯坦经常喜欢拿上帝来说事，还经常称呼上帝为“老头子”，但爱因斯坦实际上是一个彻底的无神论者，他口中的上帝其实指的是斯宾诺莎（西方近代哲学史上最著名的理性主义者，对西方科学思想影响深远）的“上帝”，那就是——宇宙规律本身。

爱因斯坦还有一句名言：“上帝不掷骰子！”这个宇宙万物的演化规律不是靠每次掷骰子出来的随机点数来决定的，“老头子”是一个一丝不苟的人，他过去从没有犯过错误，将来也不会犯错误，宇宙的剧本早已定稿。从这一点上来说，爱因斯坦和牛顿都是属于经典的，他们心中的宇宙是经典的宇宙，是一个温暖、有秩序、一丝不苟的宇宙，或许这也是我们大多数人心目中的宇宙。

然而，我们的宇宙真是爱因斯坦心目中温暖的经典宇宙吗？爱因斯坦心目中的上帝真是他希望的那个一丝不苟的上帝吗？伟大的相对论难道就没有一点破绽吗？自从上个世纪以来，人类在研究微观世界时发现了一系列令人费解的实验结果，从此诞生了理论物理学另外一个重要的分支——量子物理学。爱因斯坦首先是量子物理学的奠基人，然后他自己又对量子物理学发出了一系列的诘难，他自己亲手设计了一个推翻量子物理学基本理论（哥本哈根解释）的思维实验，因为哥本哈根解释让上帝从一个温文尔雅的君子变成了一个疯狂的赌徒。这个著名的思维实验被称之为EPR实验，以爱因斯坦、波多尔斯基和罗森塔尔三个人名字的首字母命名，为什么只能在思维中进行呢？那是因为当时人类的技术水平还发展不到实验要求的精度。但是在爱因斯坦死后27年，也就是1982年，人类首次突破了技术难关，具备了把EPR实验从思维中搬到实验室的能力了，于是，我们将看到人类首次对爱因斯坦的上帝进行审判，老头子到底是一个和蔼慈祥的绅士还是一个捉摸不定的赌徒，答案即将在下一章揭晓。

## 第九章 上帝的判决

### 上帝玩不玩骰子？

1982年，法国，巴黎，夏秋之交。

第十二届世界杯在西班牙刚刚结束没多久，全法国都还沉浸在不久前的激动人心的比赛中。普拉蒂尼率领的法国队被称之为黄金一代，史上最强，他们一路凯歌高奏，杀入半决赛，在半决赛上遇上了老冤家西德队。90分钟1：1打平，不分胜负，比赛进入到了加时赛，幸运女神一开始站在法国人这边，特雷佐和吉雷瑟8分钟内连入两球，整个法国开始提前庆祝胜利。然而，具备钢铁意志的德国人此时却开始了绝地反击，第102分钟，鲁梅尼格在禁区内抽射扳回一球。第108分钟，费舍尔用一记精彩的凌空倒勾射门将比分扳平，3比3！法国人还没有在惊愕中回过神来，比赛已经进入了残酷的点球大战。这一次，幸运女神眷顾了德国人，舒马赫扑出对方的最后一个点球，而赫鲁贝什的劲射破门为德国队锁定胜局，法国队止步半决赛。整个法国在比赛结束后整整沉默了5分钟，所有人都不敢相信眼前的事实。

此时世界杯的热潮还没有完全退去，球迷们还夜以继日地在酒吧中谈论普拉蒂尼，谈论点球大战。“只是，他们中有多少人知道，在不远处的奥赛光学研究所，一对对奇妙的光子正从钙原子中被激发出来，冲向那些命运交关的偏振器，我们的世界，正在接受一场终极的考验。”（引自曹天元著《量子物理史话》）爱因斯坦信奉的上帝正在接受一场终极审判，他信奉的“定域”“实在”的符合“因果律”的经典温暖的宇宙正在接受一次严苛的考验，是浴火重生，披上更为耀眼的金色铠甲呢，还是会被揭下慈祥严谨的面具，突然变成一个阴晴不定，捉摸不透的赌徒呢？

已经过世27年的爱因斯坦的神灵和过世20年的玻尔（量子物理学的奠基人之一）的神灵，也在天国注视着这次实验，他们俩在世的时候，就不断地争论，使得爱因斯坦和玻尔旷日持久的争论成为物理学史上最重要的一段史话。此刻，俩人一见面，老毛病又犯了。

爱因斯坦说：“玻尔老弟，看着吧，这次的实验结果会让你闭嘴的，跟你说过多少次了，上帝不玩骰子。”

玻尔说：“老爱，你也看着吧，这次实验会让你明白这样一个基本道理：别去对上帝指手画脚的！”

这到底是一次怎样的实验？为什么连死人都赶来凑热闹？为什么说这次实验是一次对上帝的审判？要把这些问题回答得让你满意，我们就必须耐着性子回顾一下量子物理学的发展简史，如果说相对论让你对宇宙规律充满惊奇和敬畏的话，那么量子物理学则必定让你对宇宙规律充满茫然和困惑，甚至还会发火，玻尔有一句名言：“如果你不对量子物理学感到困惑的话，那么说明你没有搞懂量子物理学。”

### 美剧《生活大爆炸》

我们的故事要从美剧《生活大爆炸》开始（大哥，你这次的故事开端是我最喜欢的，顶你个肺），让我们从《生活大爆炸》的第一季第一集的第一秒开始，来重温一下这部经典肥皂剧：

我相信大多数看过《生活大爆炸》的读者们都已经忘记了这位天才剧作家为整部戏的开端设计的台词到底是什么了，或许你根本没有在意当时谢耳朵一边上楼一边唠叨的那些话。下面，让我把经过我改良后的中文翻译（我所看的那个版本中文翻译是一个至少不了解量子物理学的人，把台词翻译得完全不对）和英文原文对照着列出来，我们一起重温一遍谢耳朵在最开始说的话：

So if a photon is directed through a plane

如果一个光子通过有两个狭缝的平面，

with two slits in it and either slit is observed,

只要观察了其中的任意一个狭缝，

it will not go through both slits.

那么光子就不会同时通过两条狭缝，

If it's unobserved, it will.

但如果不进行观察，那它就会同时通过两条狭缝。

However, if it's observed after it's left the plane,

然而，即便光子是在离开平面（狭缝后）后，

But before it hits its target,

在击中目标之前被观察了，

it won't have gone through both slits.

它居然也不会同时通过两个狭缝。

我知道你已经很努力地逐字逐句地又去读了一遍上文的中英文台词，但是你仍然无法完全理解谢耳朵到底在说些什么。知道我是怎么猜到的吗？因为我看到你没有发火，也没有发疯，说明你并没有读懂上面这段台词的真正含义，否则你要么会发火，要么会发疯，至少要感到困惑。

## 要命的双缝

谢耳朵其实在说的是物理学史上非常非常非常著名的“杨氏双缝干涉实验”，这个实验虽说不如MM实验那样在物理学史上具有分水岭的意义，但我敢跟你保证，凡是任何一本讲量子物理学历史的书籍，这个双缝干涉实验都必定是被提及的，不但是必定提及，而且还会一而再再而三地提及。这个实验最早是在1801年被一个叫做托马斯·杨的英国医生（同时他也是一个物理学家）做出来的，他当时做这个实验的目的是为了向世人证明光是一种波而不是一种微粒，这个实验非常有力地证明了光具有波才具备的自我干涉性质，现在的高中物理都要做这个实验，下面就是杨氏双缝干涉实验的图示：

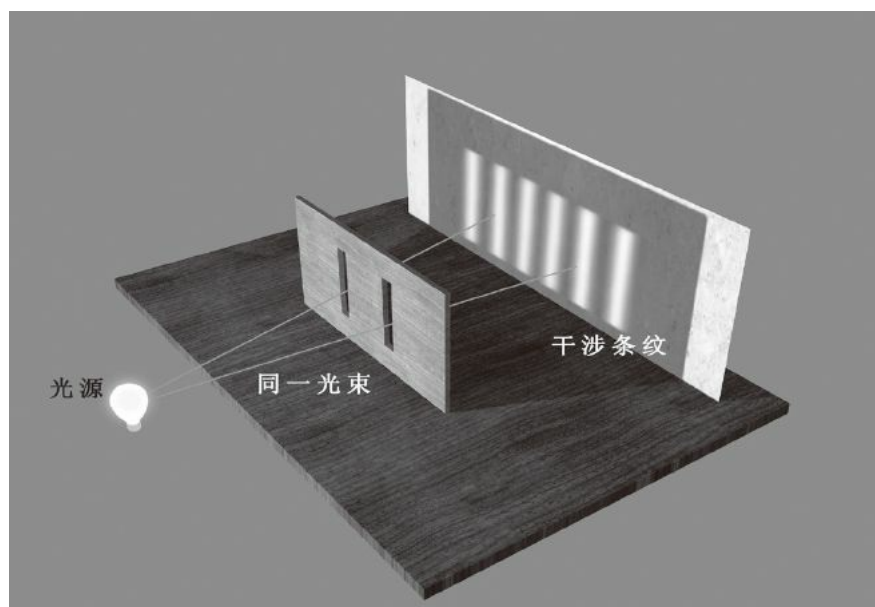


图9-1杨氏双缝干涉实验

光因为是一种波，所以在通过双缝之后，会发生干涉现象，从而在屏幕后面形成明暗相间的条纹，这个一般具备高中物理知识的人都可以明白，如果刚好你对高中物理忘得差不多了，那么我再把这个明暗条纹产生的原理图画出来给你看，帮助你回想一下：

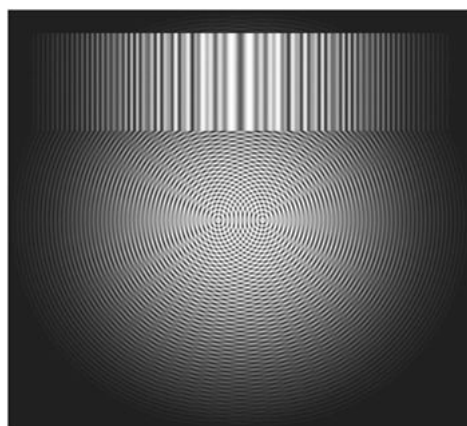


图9-2双缝干涉实验原理图

迈克尔逊和莫雷也正是利用光的这种自我干涉现象设计了著名的MM实验，试图通过干涉条纹的移动来

证明光在不同方向上的速度不同，MM实验最终导致了伟大的相对论的诞生。那么这个看似普普通通，现在每个高中生都做的双缝干涉实验中到底藏着什么玄机，为什么会被谢耳朵念念不忘呢？那是大大的有门道。这个实验刚开始并没有引起物理学界多么巨大的轰动效应，但是随着人们对光、原子、电子的进一步认识，这个实验开始逐步引起越来越多的物理学家的关注，直到最后引发了空前的全“民”大讨论，整个物理学界开始为这个实验抓狂（用抓狂来形容一点都不过分），于是这个实验在它被发现的100多年后再次成为了整个物理学的中心，甚至成了现代量子物理学开端的标志性实验，大物理学家费因曼（就是我们讲时间旅行时提出多历史假说的那位）写道：“双缝实验包含量子物理学的所有秘密。”难怪《生活大爆炸》的剧作者要在第1集的第1秒中就迫不及待地提到它。

这事的起因还要从爱因斯坦说起，还记得那个物理学的奇迹年吗，1905年，爱因斯坦接连发表了5篇传世论文，其中第一篇不是相对论，而是叫做《关于光的产生和转化的一个试探性观点》，我们一般简称为“爱因斯坦的关于光电效应的那篇论文”（貌似一点都不简）。在这篇论文中，爱因斯坦解决了困扰物理学界一个多年的问题，那就是为什么光会在金属上“打出”电子来——光电效应。爱因斯坦的观点认为光是由一个个的“光量子”（简称“光子”）组成，这些光子聚集在一起，表现出波的特性，但是单独来看，它又具备粒子性，这就是现在每个高中生都知道的光的“波粒二象性”。换句话说，光既是粒子又是波，爱因斯坦因为这篇论文在1921年获得诺贝尔物理学奖。

光既是粒子又是波，你在读到这句话的时候不感到奇怪是因为你对“波”和“粒子”并没有感性认识，但是如果我说“XX既是猫又是狗”“XX既是石头又是金子”“XX既是活的又是死的”，你一定会大声说“荒谬”“脑子坏掉了吧”（让我想起了周星驰在《国产凌凌漆》里面的台词“这看起来像只鞋子，其实是个吹风机”）。在上世纪初，许许多多的物理学家听到“光既是粒子又是波”，与你听到“XX既是猫又是狗”时的荒谬感是一模一样的。在物理学家的眼里，波就是波，粒子就是粒子，两者是截然不同的。比如说水波吧，水分子的上下振动引发了波纹，这个波纹只是表示能量的传递，并不是一个真实的客观实在的物体；再比如说声波，也只不过是空气分子振动形成的而已，除了空气分子和传递的能量外，再也没有别的什么东西，水波和声波都不可能是一个个实实在在的小球在水中、空中游来飞去。那时候的物理学家坚信，光如果是一种波，就必然要在一种叫做“以太”的介质中传播，并没有什么真正的客观实在的“光”，它只不过是“以太振动”在人们眼中造成的效应而已。

然而随着各种各样的实验被设计出来，随着理论物理研究的深入，物理学家们终于开始接受，原来波的产生并不是一定要有介质，以太是不存在的，在真空中光波也能传播，而且光波中真的含有数量无比巨大的光子，单个光子的行为看起来就像是一个经典粒子（或者理解为经典的小球）的行为，但是聚集在一起，就形成了波。当这个观点被越来越多的物理学家所接受的时候，突然有人站出来问了一句：“那么请问，在双缝干涉实验中，单个光子到底是通过了左缝还是右缝呢？”

本来喧闹欢庆的场面突然安静了下来，每个人都开始思考起这个问题。很快，物理学家们都意识到，这下好了，物理学的真正麻烦来了，这个问题就像是打开了阿甘的巧克力盒子，从此物理学陷入了迷惘、混乱、猜疑、神秘之中；有人愤怒，有人抓狂，有人绝望，有人欣喜，有人趁火打劫，有人面壁思过；这场混乱一直持续到今天都没有停歇。

“那么请问，在双缝干涉实验中，单个光子到底是通过了左缝还是右缝呢？”

这个普普通通，简简单单的问题到底意味着什么？是什么力量使基础理论物理中经典世界观陷入了万劫不复的深渊呢？让我给你详细解说这个问题对物理学家们的震撼在哪里。

一束光如果只通过一条狭缝，那么在屏幕上不会产生干涉条纹，但是如果通过了两条狭缝，则会产生干涉条纹。我请你想象一下，假如我们把一束光看成是由亿亿万万个光子聚合而成，每一个光子就像一个小球（当然光子并不是一个小球的形状，只是打个比方，并不影响我们对问题的探讨），当其中一个光子遇到了狭缝的时候，按照我们朴素的观念，这个光子要么通过了左缝，要么通过了右缝，二者必选其一，但问题是，当一个光子通过左缝的时候，它是怎么知道还有没有另外一条右缝的存在呢？光子只是一个无生命的小球，它可不像人，在快飞到狭缝的时候用眼角的余光扫了一眼就知道边上是不是还有一道缝隙，如果看到还有一道缝我就这么飞，如果没有另外一道缝了，我就那么飞。

你可能还没听懂，没关系，我来画图讲解，这个事情我必须要喋喋不休地说到你完全听明白了才能罢手，这事关整个物理学的理论根基问题，绝不能含糊过去。

现在我们先来在平面上开一条缝，我们看看如果只有一条狭缝的情况下，光子会怎么通过这条单缝：

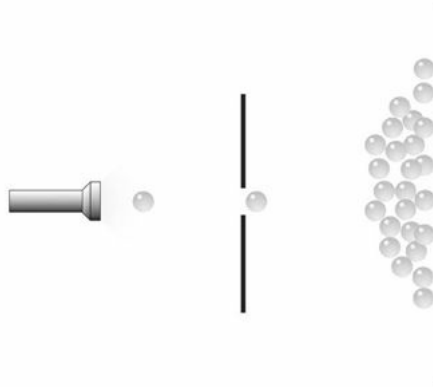


图9-3光子通过单缝时，随机落在屏幕后面的一片区域内

如果我们做一个简单的实验的话，我们很容易就发现这是所谓光的“衍射”现象，一束光通过一条狭缝照在后面的屏幕上，会形成一片光亮区域，离狭缝越近的区域，就越亮，离狭缝越远的区域越暗。上面这幅图我们就用了一种很直观的比喻，把光子看成一个个的小球，他们通过一条狭缝后，并不是走的直线，而是根据概率分布在屏幕上，中间多两边少。

但是，一旦我们在那条狭缝的边上再开一条狭缝，情况马上会变得很神奇，我们会看到光子就像一支训练有素的军队，排成了整整齐齐的队形。

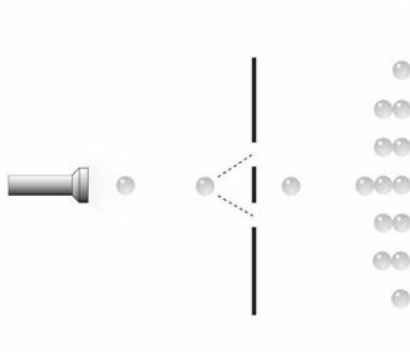


图9-4 如果是双缝，光子在通过后会规则地排列在屏幕上

这个事情确实有点神奇，光子会排列成整齐的队形也就算了，毕竟可以用波的干涉现象去解释，但是单个光子在通过了左缝的时候如何知道有右缝的存在，通过右缝的时候又如何知道有左缝的存在呢？你要知道，相对于光子的尺度来说，双缝之间的距离就好像从地球遥望月球一样，把这个问题问得更简洁一点，就是：单个光子到底通过了左缝还是右缝？

我怕你还是没有搞清楚这个事情有多怪异，为了保险起见，我再来打个比方，假如你是一个足球运动员，在球门和你之间竖着一道开了双缝的墙，然后你开始对着两条缝射门，你觉得会呈现怎样一幅情景？是不是下面这幅图显示的那样：

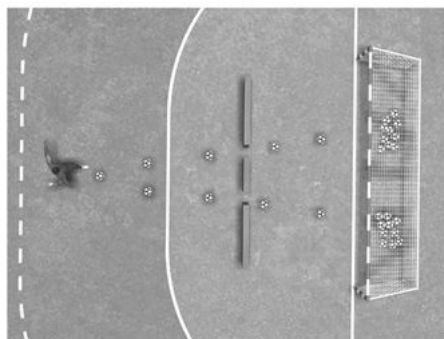


图9-5你脑中对着双缝的墙射门的经典场景

但是现在如果脚下的不是足球，而是一个个的光子，结果却呈现出下面这样怪异的图像：

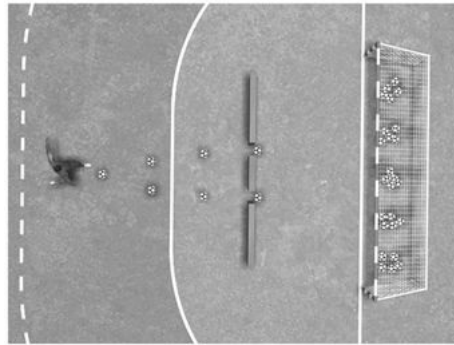


图9-6如果用光子当足球，会射成这样

如果在现实生活中，看到这样的情景，你是不是会觉得太怪异了，就像玩魔术一样，难道这竟然是真的？为什么呢？

## 玻尔的上帝

以丹麦物理学家玻尔为首的哥本哈根派站出来跟大家解释道：“这个问题本身不成立！光子既不是通过左缝，也不是通过右缝，而是同时通过了左缝和右缝。”注意，这里玻尔可并不是指光子会分身术，一分为二，一半通过了左缝一半通过了右缝，他说的意思很明确，就是指的同一个光子同时通过了左缝和右缝。

对的，你确实没有听错，这确实是从严谨的物理学家嘴里说出来的话。请相信我，就在你感到莫名其妙的同时，我也跟你一样感到无法理解，量子的所有行为几乎都不是正常思维所能理解的。按我们常识的理解是，爱因斯坦和玻尔可以同时位于丹麦和德国，玻尔可以今天位于丹麦，明天位于德国，但是如果你告诉我爱因斯坦同时位于丹麦和德国，玻尔同时通过了凯旋门和埃菲尔铁塔，我一定会认为你脑子坏掉了。

当哥本哈根派这么站出来解释的时候，同样也是冒天下之大不韪。全世界的大多数物理学家都群起而攻之，尤其是爱因斯坦，对玻尔连连摇头叹息，说玻尔丢掉了最基本的理性思想。还有某位最激烈的知名物理学家，说如果哥本哈根派的解释是对的，他宁愿改行去当医生，从此不再搞物理了。

你可能会想，大家何必吵吵闹闹的呢？光子到底通过了左缝还是右缝，我们在实验室里面仔细观察一下不就好了吗，与其坐而论道不如实际行动，去做个实验不就知道了吗？你的想法完全没错，物理学家们也都这么想，只是这个实验的难度远远超过你的想象。光子可不是一个足球，天下没有那么强大的摄影机能把光子的飞行轨迹记录下来（爱因斯坦的那个梦毕竟是梦，里面的高速影像记录仪是假想出来的，不是真的），也不能在光子身上绑一个像美剧《24小时》中那样的微型跟踪器，然后利用卫星全天候跟踪。再说得深一点，你想想我们为什么能“观测”到一样东西，照相机、摄像机为什么能把东西拍下来，其本质原因正是物体发射出无数的光子，或者反射出无数的光子，这些光子在我们的视网膜或者底片上产生化学反应，于是被我们“看”到。但如果我们要“观测”的对象就是光子本身，那麻烦可就大了，这个光子本身如果射到我们的眼睛里面来了，那光子就自然不会跑到左缝那里去，也不会跑到右缝那里去了（跑到我们眼睛里面来了）。那有没有可能反射别的光子？很抱歉，不能，别的光子跟它长得一样大，能量一样强，它没有能力把别的光子反射出来而自己的运动又不改变，就好像一粒子弹无法把另外一粒子弹给反弹出去一样。总之要“观测”光子通过左缝还是右缝这个事情，基本上，很难。

但物理学家毕竟是物理学家，他们的智慧不是常人能比的，他们很快发现，光有双缝干涉现象，一束电子流同样也有双缝干涉现象，一束电子流跟光一样具备波粒二象性。要记录和测量电子就要比测量光子容易得多了，因为电子不但有质量，而且带电，大小也比光子大得多。我们大可以在双缝上面各安装一个记录是否有电子通过的仪器，用来“观测”电子有没有通过这道狭缝。大多数物理学家都为了证明哥本哈根解释有多荒谬而不辞辛劳地苦苦改良实验设备，一次次地提高精度，没日没夜地在实验室挥汗如雨，就是为了拿出明确的证据来说明在双缝干涉实验中，电子是确定无疑地通过了某条缝隙。

但结果怎样呢？好在我们的物理学家们都有诚实客观的本性，尽管他们是如此地厌恶哥本哈根解释，但是全世界的物理学家都不得不承认，他们的实验表明：

一旦在狭缝上装了记录仪，他们确实可以观测到电子通过了某条狭缝，但怪异的是，一旦电子被观测到了，双缝干涉条纹也就消失了，如果不去观测，双缝条纹又神奇地出现了。这就好像在那个用光子当足

球踢的实验中，一旦有人在某个墙缝上看到了足球，这个足球就不再会整齐地落在网的固定位置，而一旦没有人去看这个足球到底飞过了哪个墙缝，这个足球又神奇地出现在了那些固定的位置上。这事实实在是太怪异了，物理学家们怎么也想不通，电子的行为怎么还跟观测有关，一旦观测就只通过一条狭缝，不产生干涉条纹，不观测就同时通过（看来只能这么理解了）两条狭缝，留下干涉条纹，这太疯狂了。再打个比方，如果你用一把冲锋瞄准标靶，然后把冲锋枪用装置固定住，让枪自动开枪射击，枪枪都正中靶心。你很满意，于是你换上由电子制成的子弹，再次开枪射击，但是怪异的事情出现了，如果你盯着标靶看的话，枪枪都命中靶心，但是一旦你背过身去，不看靶子，打了一梭子之后，你转头一看，发现子弹以靶心为圆心成散状分布。你以为枪的固定装置出了问题，于是再盯着靶子打一次，但这次又是枪枪命中靶心，当你再次转过头去开枪，又不能枪枪命中了。这事已经远远超出了怪异的范围，简直是让人抓狂。还记得爱因斯坦的世界观的一个中心两个基本点吗？一个中心是“因果律”，两个基本点是“定域”和“实在”。现在“实在”这个爱因斯坦的理想宇宙的基本点遭受了严重的怀疑，这个实验居然再三向物理学家们展示电子的行为跟我们的观测有关，电子似乎不再是一个超脱于我们的意识而存在的“客观实在”，它似乎是为我们而存在，为我们而表演，它的行为被我们“看”与“不看”而左右，爱因斯坦的世界观遭受了第一次最直接的冲击。

以玻尔为首的哥本哈根派此时又站出来跟大家解释说：“实验结果大家都看到了，我们也反复做了电子的双缝干涉实验，结果都是一样的。这说明电子必须符合‘不确定原理’，也就是说电子的运动轨迹是不确定的，它的运动轨迹不能用一根线来表示，只能用一朵概率云来表示。我们在观测之前永远无法说出电子的确切位置，我们只能说它在某一个位置的概率，当我们观测到电子以后，电子虽然处于确定位置，但是这个电子是怎么到这个位置的，通过什么路径来的，我们仍然不可能知道，事实上这个电子同时存在于那朵概率云中的所有位置。而且，我们对电子的位置测量得越精确，对它的速度就必然测量的越模糊，我们的测量行为本身就会影响电子的运动，反之我们对它的速度测量得越精确，对它的位置就必然测量得越模糊。换句话说，我们永远不可能同时知道一个电子的位置和速度，因此不确定原理也可以叫做‘测不准原理’”。

如果牛顿地下有知，听到了玻尔的这段话，必然会从地底下蹦出来大骂玻尔离经叛道。牛顿是坚定的决定论者，他认为只要知道了某一时刻的所有信息，就能预言未来发生的一切，现在玻尔很无情地告诉牛顿，对不起，你连最基本的速度和位置信息都是永远无法同时准确地知道的，又何谈计算和预测呢？爱因斯坦也第一个站出来反对说：“玻尔先生，很抱歉，本人实在不喜欢你们的这个解释，没有确切的运动轨迹，只有概率，这叫什么解释！你以为上帝是一个喜欢掷骰子的赌徒吗？时间和空间都被你们拿到赌桌上来碰运气了！”

双缝实验做到这一步已经够疯狂的了，居然引出了一个“不确定性”原理，物质的最基本构成——电子，以及所有跟电子差不多大小的基本粒子的行为都是不确定的，我们要么只能知道它们在什么地方，要么就只能知道它们的运动速度，想同时知道两样，想都别想。但接下去的实验进一步告诉我们这样一个道理：在量子的世界，没有最疯狂，只有更疯狂。全世界的物理学家们又几乎同时发现了一个更“恐怖”的结果：哪怕你是在电子已经通过了双缝之后再去观测电子实际通过了哪条狭缝（这里的原理就比较复杂，我们不需要去搞清楚具体是什么样的观测手段，总之你只要知道物理学家们有巧妙的方法可以观测），只要一观测，干涉条纹就消失了，也就是说哪怕你在电子通过了双缝之后再观测，电子也不再同时通过双缝，而只要不观测，电子又同时通过双缝，让电子同时还是不同时通过双缝是可以在电子实际通过以后再决定的。

诡异，诡异，真是太诡异了！这个实验结果直接违背了爱因斯坦信仰的“因果律”，本来事情的原因影响结果，结果是原因导致的，现在好嘛，我的事后观测行为居然影响到了电子之前做出的选择，这岂不是变成了结果影响原因了吗？难道历史是可以改变的吗？（费因曼辩护说不是历史可以改变，而是历史本身就是有无数个，可能发生的历史实际上都已经发生了。很多人听完当场昏厥在地。）严重违背因果律，严重离经叛道。

玻尔为首的哥本哈根派又站出来解释说：“在我们看来，没有什么真正的因果，只有‘互补原理’，原因和结果是一种互补关系而不是先后关系，你我既是演员又是观众，观测者和被观测者互相影响，形成互补关系，原因会影响结果，结果也一样会影响原因。”

爱因斯坦这次是真的坐不住了，他写了一系列的文章，还在公开的会议上和玻尔辩论，他讥讽玻尔已经从一个物理学家变成了一个形而上的哲学家，玻尔的理论哪里像是一种物理学嘛，简直就是一种哲学，还是带伪字的。爱因斯坦虽然对实验结果也同样感到震惊，但他认为一定会有一个温暖的符合经典世界观的理论去解释这些现象，只是我们还没找到这个理论罢了。另外，他对物理学家的实验方法也提出了一些质疑，认为所有的实验结果只能作为一种统计近似，并不是直接的证据证明自己所信仰的“因果律”和“实在性”被颠覆了。

但不管怎么说，一个双缝干涉实验，对爱因斯坦的一个中心两个基本点中的两项都造成了严重的冲击，难怪整个物理界产生了大混乱，从此狼烟四起，天下不再太平。你要知道，这世界的所有物质从本源上来说，都是由基本粒子，也就是量子构成的，如果量子是不确定的，那么是不是由量子构成的我们也是不确定的呢？最惊人的一次实验是在1999年由一组物理学家在奥地利做的，他们用60个碳原子组成了一种



叫“巴基球”的东西，用这个巴基球来模拟双缝实验，结果他们同样得到了神奇的干涉现象。现在的科学家们设想用更大的病毒来做双缝实验，病毒从某种意义上来说，已经是生命体了，它们或许具备“意识”，不知道他们会如何体验这种同时通过双缝的感觉。此时，我再把谢耳朵的话打出来给大家回顾一下，你是否能看懂谢耳朵的唠叨了呢？

So if a photon is directed through a plane  
如果一个光子通过有两个狭缝的平面，  
with two slits in it and either slit is observed,  
只要观察了其中的任意一个狭缝，  
it will not go through both slits.  
那么光子就不会同时通过两条狭缝，  
If it's unobserved, it will.  
但如果不进行观察，那它就会同时通过两条狭缝。  
However, if it's observed after it's left the plane,  
然而，即便光子是在离开平面（狭缝后）后，  
But before it hits its target,  
在击中目标之前被观察了，  
it won't have gone through both slits.  
它居然也不会同时通过两个狭缝。

这次我相信你一定看懂了，不但看懂了，而且开始感到抓狂了，很显然，我们每个普通人心目中的那个朴素的宇宙观受到了冲击。我们的这种感情和爱因斯坦是一样的。但好在，爱因斯坦还保有自己最后一块神圣不可侵犯的领地，那就是“定域”性，这个宇宙是定域的，不存在什么超光速的信号，光速是一切运动速度的极限，两个事件之间想要产生相互影响，必然不可能突破光锥所划定的时空范围。

然而事情真的像爱因斯坦认为的那样吗？这最后一个定域性的堡垒真的有那么坚固吗？这事的起因还得从爱因斯坦说起。

## EPR实验

1935年5月，爱因斯坦同两位年轻的美国物理学家波多尔斯基和罗森塔尔在美国《物理评论》47期发表了题为《能认为量子力学对物理实在的描述是完备的吗？》的论文，在物理学界、哲学界引起了巨大的反响。

这篇论文提出了一个名垂千古的思维实验，以论文的三位联合作者的首字母命名，被称之为“EPR实验”。正如这篇论文的标题所表达的意思那样，爱因斯坦想用这个思维实验来告诉物理学界，哥本哈根的量子力学解释是有问题的。这个实验简单说来（注意，我在这里把它通俗化了，略去了很多的术语和数学公式，但是精髓是没错的，表达的思想也是准确的）是这样的，想象一下，如果有一个基本粒子在空中飞着，突然，在某一时刻因为某种外力一分为二了，分裂成了两个更小一点的A粒子和B粒子，于是A，B两个粒子就分开了，而且越飞分开得越远，当他们分开得足够远的时候，我们去观测A粒子的“自旋”（基本粒子都有自旋的特性），我们可以确定其自旋的方向。此时，根据大家都公认的某个守恒公式，我们可以知道，A粒子如果是“左旋”的，那么B粒子必定是“右旋”的，否则就会违反守恒，这是不可想象的。那么我想请问玻尔先生，如果量子（量子就是所有基本粒子的统称）的运动按你们的所谓“不确定原理”讲的，在我们观测A粒子之前，是不确定的，那么A粒子的自旋方式一旦确定是“左旋”的时候，B粒子是怎么知道自己必须是“右旋”的呢？他们之间难道会有超光速的信号在通信吗？还是说，你要用神秘主义的语气告诉我说两个量子之间存在某种“心灵感应”呢？不能自圆其说了吧，傻眼了吧？让我来告诉你吧，唯一的可能性就是，这个基本粒子在分裂的那一霎那，A，B粒子的自旋方向就是已经确定了的，不管我们观测到A粒子是左旋还是右旋，这个观测行为并不会影响到A，B粒子早就已经确定了的自旋方向。玻尔先生，如果你想证明你的不确定性原理是正确的，请先帮我把超光速这个事情解释清楚吧，请先推翻我的狭义相对论吧。

大家要知道，在讲出上面这番话的时候，已经是狭义相对论发现20年后了，狭义相对论已经得到了无数严苛实验的验证，是久经考验的坚强战士，没有人再怀疑它的正确性。玻尔在听到这个EPR实验之后确实大吃一惊，据说茶饭不思好多天，隔了几个月他终于出声了，他居然以同样的标题写了一篇文章，来回应爱因斯坦们的挑战，简单说来（抱歉我只能简单说来，复杂了我也说不来），玻尔说狭义相对论我是不反对的，但是这里面的关键问题在于，粒子A和粒子B在你爱因斯坦看来是不同的两个粒子，但是在我玻尔眼里，它们从未分开，它们仍然是一个完整的整体，不论它们相隔得有多远，他们都是一个整体，两个量子是难分难解地纠缠在一起，组成了一种量子纠缠态，这种纠缠与空间距离无关，哪怕它们分别位于宇宙的两端，它们也是纠缠在一起的。因此，它们之间根本不需要什么超光速信号，它们就能确保达成一致，一个左旋另外一个必定右旋，在我们观测之前去讨论它们俩到底是左旋还是右旋是“没有意义”的，我们只能认为它们俩同时处在左旋和右旋的两种状态中，观测行为本身就是结果的一部分，没有观测这个行为就



不会有左右旋的结果。

玻尔的这个回答不但没能让爱因斯坦信服，还让爱因斯坦大大地生气，好嘛玻尔这小子，他虽然没有反对我的相对论，没有承认超光速，但是这小子其实放弃了物理世界的客观实在性，这是唯心的，是形而上的哲学，是我不能容忍的，上帝被玻尔当做什么了！

爱因斯坦和玻尔都急切地盼望实验物理学的高手们能把这个EPR实验真的做出来，互相都想让对方心服口服。但是，这个实验说起来容易，做起来可是难如上青天啊。最难的倒不在于检测量子的自旋状态，因为很多基本粒子都带电，自旋的方向是可以被检测出来的。但是最难的却在于如何确定“左”还是“右”，你可能一下子没想通，茫然地问我，这很难吗？是的，相当之难，而且几乎没可能，现在我请你想象一下，如果你手里面有两个白色的球，注意是纯白色的，上面任何标记都没有，这两个球不论从什么方向什么角度看过去都是一模一样的，现在你把这两个球平放在手里面，让它们一个逆时针转动，一个顺时针转动，然后，你把这两个球随手这么往外扔出去，有人捡到了这两个球，你想想，那个人能判断出这两个球当初在我手上的时候是同方向转动的还是反方向转动的？很显然是不可能的，原因是我们这个世界是一个三维的世界，两个球在扔出去的过程中不知道翻了多少个跟头，也不知道是怎么个翻跟头法的，等到了别人的手里的时候，谁知道两个球到底怎么个翻滚过了呢，球上又没有任何的标记，不管从哪个方向上看过去都是一样的，所以在别人手里的时候，在那个人的眼里看来，这两个球的自旋方向有可能是朝着任何方向的。

## 宇宙大法官

这个事情确实很烦，量子在空中怎么翻滚是不可能观测到的，即便我们看到了结果，也猜不出开始，很多实验物理学家都非常苦恼，他们绞尽脑汁地想要找到解决方案，但是苦苦寻觅了几十年，都没有找到。直到出现了一个英国数学奇才，他的名字叫贝尔（注意不是发明电话的那个贝尔，是另外一个在电话贝尔死后出生的贝尔），他发现了一个数学“不等式”，这个不等式被科学界称为“贝尔不等式”，被誉为“科学中最深刻的发现”。这个惊天地泣鬼神的“贝尔不等式”有一个巨大的魔力，这个魔力可以对我们这个宇宙的本质做出终极裁决，它可以使EPR实验从思维走向实验室。只是很遗憾的是，贝尔不等式发现的时候，爱因斯坦和玻尔都过世了，他们只能在天国注视着人间发生的一切，他们过去耗费了无数个不眠之夜来研究分析、一直还悬而未决的世纪大争论，很快就要有一个终极判决了，爱因斯坦和玻尔在天国想必也在肃然起立，等待着那个庄严的时刻吧。让我们先来看一眼这个神奇的贝尔不等式：

$$|P_{xz} - P_{zy}| \leq 1 + P_{xy}$$

有心的读者估计要跟我抱怨了，说你前面承诺过再也不出现一个数学公式的，怎么又搞出这种让人看了头大的东西来了。

哦，哦，哦，亲爱的读者们，为了这个科学中最深刻的发现，请原谅我一次吧，这个贝尔不等式太重要了，它是审判我们这个宇宙本质的大法官，怎么着也得让我们一起认识一下吧，下面我给你解释一下这个不等式的含义。

绝对值符号(| |)不用我解释了吧，初中就学过了。小于等于符号( $\leq$ )也不用我解释了。

下标X，Y，Z代表着在空间中朝着x、y、z三个方向去测量的意思，也就是说我们拿到一个小球，可以从正面看过去，也可以从侧面看过去，也可以从上面往下看，总之取三个固定的方向看过去，记作x、y、z。

然后就是要解释一下这个P是什么意思了，这个P叫做“相关率”，一个让你费解的名词，没关系，我解释一下，很好理解。看过金凯利演的电影《楚门的世界（Trueman Show）》吗？里面有一个让人难忘的经典镜头，楚门坐在车里看着车窗外的世界，然后嘴里念念有词，朋友过来问他你在看什么呢，楚门说注意，很快就会有有一个抱着花的女人经过我的面前，然后一分钟后，必定会有一辆黄色的甲壳虫小汽车开过，我今天已经观察了一天了，绝对是这样的，不信我们等着。结果果然如楚门预言的那样，把他朋友吓坏了。在这个镜头里，女人的出现和汽车的出现，这两件事情的相关率就是1，也就是只要女人出现，必定就会有一辆汽车出现，这事板上钉钉，绝不会错。相关率就是A事件出现和B事件出现之间的相关联程度，如果是0，表示完全没关联，如果是50%，则表示A事件出现10次，有5次会出现B事件。那么这个 $P_{xz}$ 代表什么意思呢？就是说我们从X这个方向去测量量子的自旋状态和从Z这个方向去测量量子的自旋状态，得到的结果的相关率。在这里请注意一点，量子的自旋并不是真正的“左”和“右”，量子本身也不是一个小球，它的自旋其实是“正”和“负”这样的概念，当然其实也不是严格意义上的正负，总之说起来太复杂，我们没必要去搞得那么清楚，总之只要知道是两种相对的状态即可。比如说，飞过来10个量子，我从x方向测量过去和从y方向测量过去有8次都是同为正，那么我就认为 $P_{xz}=0.8$ ，我们可以认为同为正是相关，也可以认为一边正一边负为相关，这个都无所谓，只要所有的标准都一致就可以。

了解了P的概念后，我们就很容易理解贝尔不等式了，它的意思就是如果飞过来一个量子，我们从x、

y、z三个方向去测量这个量子的状态，最后计算各个方向的相关率，不管我们测量多少个量子，其最终的结果必然要符合以上的贝尔不等式。

这里我要特别特别说明的是，贝尔不等式是用严格的数学手段推导出来的，数学是凌驾于物理学之上的规律。这个贝尔不等式在EPR实验中的含义是说：如果两个量子是在分开的那一瞬间就已经决定了自旋的方向的话，那么我们后面的测量结果必须符合贝尔不等式。也就是说，假如上帝是爱因斯坦所想象的那个不掷骰子的慈祥老头子，那么贝尔不等式就是他给这个宇宙所定下的神圣戒律，两个分离后的粒子决不敢违反这个戒律，其实这根本不是敢不敢的问题，而是这两个粒子在逻辑上根本不具备这样的可能性。如果我们测量的结果不符合贝尔不等式，那么只能说明两种可能：1. 真有超光速的信号存在，两个量子之间瞬间可以互相知道对方的状态。2. 量子的自旋状态不是一个客观实在，在我们观测之前不存在确定的状态，只有我们观测之后状态才确定。

上帝的最终命运取决于EPR实验中量子的各个方向上自旋状态的测量结果，如果贝尔不等式是仍然成立的，那么爱因斯坦就会长舒一口气，这个宇宙终于回到了温暖的、经典的轨道上。但如果贝尔不等式不成立了，则上帝就摘下了慈祥的面具，变身为靠概率来玩弄宇宙的赌徒。用科学的语言来讲的话，那就是要么放弃“定域性”要么放弃“实在性”，这两个不可能兼得，到底要放弃哪个，你自己选择，但你必须放弃一个。

这里特别有意思的是，贝尔是爱因斯坦的忠实拥护者，当他发现了贝尔不等式后，他兴奋不已，踌躇满志，他信心满满地认为：只要安排一个EPR实验，用我的贝尔不等式就可以恢复物理学的光荣，恢复到那个值得我们骄傲和炫耀的物理学，而不是玻尔宣扬的那个玩弄骰子的上帝，物理学已经被玻尔们的量子理论搞得混乱不堪、乌七八糟，现在整个天下都乱了，冒出来各种形形色色的搞不清是物理学家，还是哲学家，还是神秘主义者的人，什么超光速、量子心灵感应、多个历史、多个宇宙、结果决定原因……我已经厌倦了这些疯狂的想法，是该做个了断了。

真的，也许就差那么一小步，真的只有一小步，我们就可以回到温暖经典的宇宙怀抱了，我们多么渴望上帝是一个慈祥的老头子啊。但是，当年麦克斯韦为了证明以太存在的悲剧又在贝尔身上上演了。

## 上帝的判决

1982年，法国奥赛研究所。

人类历史上，首次对EPR实验进行了真正意义上的实验检测，这次实验被称为“阿斯派克特实验”，以这次实验的领导者阿斯派克特命名。这次实验总共进行了3个多小时，两个分裂的量子分离的距离达到了12米，积累了海量的数据，最后的结果与量子论的预言完全符合，爱因斯坦输得彻彻底底，从此EPR实验也被称之为“EPR佯谬”。

从阿斯派克特开始，全世界的量子物理实验室就展开了一直持续到今天的EPR实验竞赛，实验精度越来越高，实验的原型越来越接近爱因斯坦最原始的想法，两个量子分离的距离越来越远，而且不光是两个量子的纠缠态，甚至多达6个量子形成纠缠态。2010年全国的各大报纸都出现了一条报道，说是中国首次把EPR实验的距离扩展到了16公里，取得了世界第一。鉴于中国媒体的一贯特性，我不愿多作评论，你们都懂的。但是看看各地的不同报纸的报道，还是感到很好笑，很多科普记者完全不了解什么是EPR实验，随意地凭空捏造各种骇人听闻的词，什么“超时空穿梭”“超光速通信”“时空穿越”……真是看得我汗如雨下。中科大的潘建伟教授是EPR实验方面的佼佼者，也是中国在这个研究领域最出名的，当然他的出名不光是因为在国际级期刊上发表了很很多很多的论文，也因为所谓的“潘建伟事件”，但是笔者只是一个喜欢科普的平头老百姓，完全无法评判这些是是非非，还是回到我们的主题吧。

EPR实验的结果无可辩驳地呈现给整个物理学界一个这样的事实：要么放弃定域，要么放弃客观实在。定域性是经受100多年严苛考验的伟大的相对论的推论，而客观实在则是似乎不应该值得挑战的科学精神（难道真要相信意识决定物质吗？），如果是你，你会怎么选择呢？我看你可能最好奇的是那个发现贝尔不等式的可怜的贝尔到底会做出怎样的选择。

还真有这样的好事者，一个英国很著名的科普作家访问了包括贝尔在内的8位物理界最知名的物理学家，想听听他们怎么看待这次“上帝的判决”，最后出版了一本叫做《原子中的幽灵》这本书，我没有看过，但是从网上搜索来的零星的信息拼起来的结果看，似乎愿意放弃定域而保留客观实在的科学家多一点，但多得不多，那个可怜的贝尔在被逼急了以后只好表示如果非要放弃一个的话，他只能放弃定域了，但他仍然试图想说或许不用两个都放弃。

也有很多物理学家津津乐道于观测者的作用，也就是我们人类本身对量子状态的作用，从意识谈到了精神，这样的物理学家还真不少呢。但不论从哪个角度说，要让物理学家们放弃其中任何一个都是件极其痛苦的事情。但是我要特别提请读者注意一点，EPR佯谬只是证明了定域和实在不可能同时正确，但是并没有证明有超光速的信号存在，这是不同的两个概念，如果愿意放弃实在性，则相对论依然是牢靠的。

量子这种纠缠态也被称之为量子的超隐形传输，可以用来做通信的加密，但是能不能用来做超光速的通信，这是没有定论的，在理论界也是没有统一说法的。而我国各大报纸曾经头版报道的我国做的量子超

隐形传输实验把量子通信说得神乎其神，肆意夸大渲染。其实目前的理论也仅限于单向超光速传输的理论可能性，要知道通信是必须双向的，我们都要理智冷静地看待这个问题。到目前为止，相对论仍然是我们这个宇宙最可靠的理论之一。

物理学走到今天，已经大大出乎了牛顿和爱因斯坦们的预料，它逐渐在人们的眼前显现出这样一幅图景：

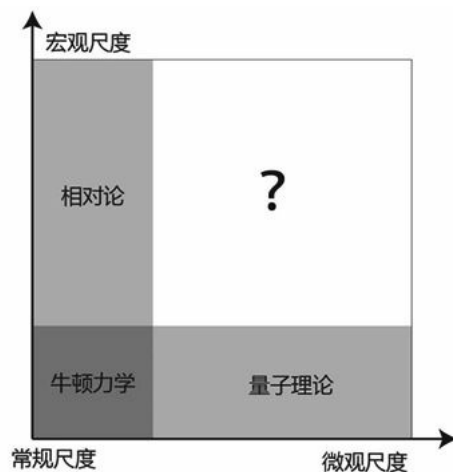


图9-7 目前我们的物理学的图像

在常规尺度下面，我们用牛顿物理学就足够了，但是随着尺度的不断增大，尤其是扩展到了宇宙尺度的时候，就必须要用相对论来解释宇宙万物的规律。随着尺度的不断缩小，到了量子的世界，就必须要用量子理论来解释了，而且是尺度越大相对论的预言与实际观测结果越符合，尺度越小量子理论与实际观测结果越符合。但是要命的是这两大现代物理学的基础理论似乎是不相容的，它们不可能同时正确。在某些说不清楚是大还是小的尺度的地方，比如说黑洞的内部，宇宙大爆炸的奇点，都是质量巨大，但是体积微小，在这种时候，不论用相对论还是量子物理都会得到一些根本不可能正确的结果，例如“质量无限大”“密度无限大”“概率无限大”等等，在物理学中出现无限大这样的数学概念本身就意味着理论出错。相对论是如此的简洁、优美，并且经受住了近百年的风霜洗礼，它已经俨然成了人类智慧的丰碑。而量子理论，从一出生就很不遭人喜欢，所有的原理都是那么诡异，那么的让人难以想象。然而正是这个诡异的理论造就了我们今天这个信息时代，不论我们喜欢还是不喜欢，凡是你身边有芯片的东西，从手机到电脑都离不开量子理论，没有量子理论我们根本不可能像今天这样通过互联网与整个世界联通，量子理论在实际生活中被应用的数量早就百倍、千倍于相对论。

请各位读者务必记住，我们必须小心翼翼地使用“推翻”“颠覆”这样的字眼来描述新旧理论之间的关系。在某些特定场合下为了吸引眼球，我们偶尔这么说是可以的，但你真想表达自己发现了一个新理论时，你最好不要说你推翻了旧理论。我们可以看到，相对论是对牛顿理论的修正，在常规尺度下面，相对论就会退化为牛顿理论，量子理论也是同样的情况。而且，以后出现的新理论也一定是对相对论和量子理论的修正，这两大理论也一定是新理论的近似理论。以后你凡是看到有人宣称牛顿理论和相对论都错了，已经被他推翻了，这种文章你基本看个开头就不用再看下去了，这绝不会是真正的物理学家写出来的东西。

## 万物理论

现在要命的是，相对论和量子论这两位久经风霜、战功赫赫的战士从本性上来说是水火不相容的，他们之间的鸿沟无法跨越。那么，有没有一个能兼容相对论和量子物理理论的崭新理论呢？物理学家坚信，这种理论是否存在不是一个值得争论的问题，那是肯定存在的，我们要想的应该是如何找到它，而不是去怀疑它的存在性，这个包容了相对论、牛顿物理、量子理论的新理论，物理学家们给它起了一个名字，叫做“T. O. E.”也就是英文“Theory of Everything”的首字母简写，也就是“万物理论”。这个TOE能够解释我们已知的所有尺度的物理现象，而且不管是牛顿物理还是相对论还是量子物理都是这个万物理论的近似理论：

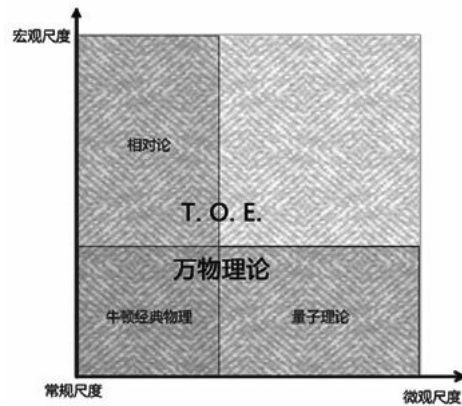


图9-8 万物理论

这就是谢耳朵他们这一代的理论物理学家孜孜不倦、梦寐以求的理论，无数物理学家已经为此付出了几十年的辛勤努力，而现在我们所处的这个时代，似乎又是一个创世纪的时代，万物理论的尾巴似乎已经被我们揪到了。

我们正生活在一个狼烟四起、天下英雄辈出的年代，物理学的又一个黄金时已经到来，错过了这个时代的未来物理学家在翻看今天的物理学史的时候，那种感叹可能就如同我们现在看上世纪初那些激动人心的物理大发现的日子。

万物理论到底离我们还有多远？真实的宇宙到底是什么模样？我们这个世界的本源到底是什么？我们何以会存在？我们的宇宙将通向何方？这一切有答案吗？

或许，正如现代的物理学家们告诉我们的那样：我们的宇宙真的是一首气势恢弘的交响乐，我说的是真的，不是比喻。

请看下一章，全书的压轴大戏即将上演。

## 第十章 宇宙是一首交响乐

### 万物皆空唯有音乐

我们这个世界的万物到底是由什么构成的？

这个朴素的问题从2000多年前的古希腊就开始不断地被人类追问，德谟克利特第一个提出了原子说，他认为世间万物都是由一种叫做原子的小球构成的，每个小球都是一模一样的，它们的不同组合构成了万物的不同形态，包括你和我。2000多年弹指一挥间，人类对世界的认识就像爆炸一样增长，很快，化学元素被发现，门捷列夫发现了元素周期表，再后来，现代的原子理论发展起来，卢瑟福发现原子也不是不可分割的，可以分解为原子核和电子，再往下，原子核又可以分割为质子和中子，质子和中子又继续可以分割为夸克，然后又是形形色色的“子”被发现，什么费米子，玻色子等等，似乎物质没有尽头，可以无限分割下去……

但是，终于有到头的一天了，根据现代最新的物理理论，到头来，一切都是——空。

“拜托，刚才还一本正经给我们上科学史课，怎么突然跟我们玩起哲学概念了。”我已经听到了你心里的嘀咕声。

NO，这次我是很认真地告诉你，真的，到头来一切都是空。比如，你拿起一杯水，仰头一口气喝下去了，我来问你，你喝到的是什麼？

你说：“水啊，化学分子式为 $H_2O$ ，两个氢原子，一个氧原子组成了水。”

我说：“好，我承认你喝下了无数的氢原子和氧原子。那你知道原子又是怎样的一番情景吗？让我来告诉你，原子是由原子核和电子组成，原子核只占到整个原子体积的几千亿分之一，而电子比原子核还要小1000倍。我给你打个比方，整个原子就像一个足球场那么大的一个气泡，原子核就是当中的一粒沙子，而电子就像一小颗灰尘一样在里面飞来飞去，如果你看到这样的一个气泡，你会认为这是完全空无一物的气泡，你再仔细也无法找到原子核和电子。你喝下去的一杯水，就是由无数个这样的气泡组成的，你看起来满满一杯水，其实里面99.999999999999%是空的，如果把这杯水中所有原子中空的部分全部抽走，只留下原子核和电子，那么这杯水剩下下来的东西你要用现在全世界最强大的电子显微镜放大差不多一亿倍才能看到，现在你还认为喝下的是一杯水吗？”

你说：“好吧，我承认我其实只喝下了很小很小的一点东西，但你也不能就认为我喝下的是空，好歹还有点原子核和电子嘛。”

我说：“很遗憾，我的话还没说完。那么原子核和电子又是由什麼组成的呢？由一些更小更小的基本粒子组成，这些基本粒子又是什么东西构成的，我告诉你，这些基本粒子到头来都是一根根的‘橡皮筋圈’，就像吉他弦一样在空间中振动着，构成这些橡皮筋的材料不是别的，也正是空间本身，一段弯曲的六维空间，到头来什麼也没有，只有一段弯曲的六维空间蜷缩在你无法想象的小的三维空间中，构成一个橡皮筋圈，以不同的频率振动着。”

这下，你该明白，你其实喝下去的什麼也没有，只是空间本身而已。

慧能禅师诗云：

菩提本无树，  
明镜亦非台。  
心本无一物，  
何处惹尘埃。

没想到，物理学到头来变成了哲学，这个宇宙除了空间本身真的是什麼也没有，你和我，世间万物，到头来，一切都是空。

以上，我所说的一切都不是胡思乱想。上面这些，正是最近一二十年在物理学界迅猛发展起来的“超弦理论”，也是谢耳朵的专业方向，它现在是TOE“万物理论”的候选理论，而且是唯一的候选理论。

在超弦的世界中，一个个振动着的橡皮筋圈就是构成物质的最小单位，不同的振动频率构成了不同的基本粒子，不同的基本粒子组合又构成了质子、中子和电子，质子和中子组合在一起构成了原子核，原子核和电子一起构成了原子，原子构成分子，分子构成材料，材料构成了世间万物，包括你和我。

上帝就像是一个神奇的魔术师，在空无一物的空间中，随手这么一抓，然后在手中一搓，一段空间被搓成了一根弦，然后他捏起弦的两头，在空中打了一个结，再用手指这么轻轻一弹，于是，弦振动了起来，这就是夸克，接着上帝又用同样的手法制作了胶子、中微子、费米子、玻色子……最后，他用眼花缭乱的手法不知怎么地就用这些“子”组成了质子、中子、电子、原子、分子、金子、银子……

如果上帝可以听见振动着的弦发出的声音，那么每一个基本粒子就是一个音符，原子就是乐句，分子就是乐段，世间万物、你和我就是乐章，整个宇宙就是一首恢弘的交响乐。这首交响乐从宇宙诞生的那天起就开始演奏，直到宇宙消失的那天为止，永不停歇。

宇宙是一首永不停歇的交响乐，我们都是这首交响乐中的华美乐章！

这些听起来美妙但又不可思议的事情到底是怎么被发现的？物理学家何以敢向世人宣布“到头来一切都是空”这样的哲学宣言呢？超弦理论家们到底有些什么样的线索？未来我们又需要怎样去证明它？

这就让我带你去了解一下他们是如何探索隐藏在物质最深处的秘密的，你一定会被人类所展现出来的惊人智慧所折服。宇宙让我们敬畏，但是物理学家们也同样值得我们敬畏。

## 击碎原子

如果有一种理论能称之为万物理论的话，那么它首先要解决我们这个宇宙中最基本的两个问题：第一个问题就是物质到底由什么东西构成，是怎么形成的，物质有没有最小单位？第二个问题是宇宙中的“力”到底是什么，有没有一种最基本的理论和一个统一的公式能描述宇宙中所有的“力”？

让我们先从第一个问题开始——寻找物质的最小单位。

观察一个篮球，我们用眼睛看就可以了。如果要观察一粒灰尘，那么我们就不得不拿一个放大镜仔细地看。如果要观察一个病毒，我们就不得不用显微镜。可是，如果我们要观察一个比病毒还要小几千万、几亿倍的东西，你觉得我们应该怎么办呢？我知道你肯定抓耳挠腮想不出办法了，等着我告诉你答案。

其实，要观察一个东西的形状和性质不是一定要直接观察，我们还可以通过一种间接的办法去了解这个东西，我把它叫做“子弹射击法”。

我打个比方，我现在把一样东西用一根棍子支在空中，然后我在这样东西的周围裹上一层白雾（假设我发明了这样一种不会散去的雾气），你无法看到雾气中的东西到底是什么，自然也就不知道它的形状、性质等，现在我给你一把枪，装满一种轻柔的橡皮子弹，你用这把枪不断地对着白雾中的东西射击。射击几次以后，通过橡皮子弹被反弹的次数和反弹的角度，你大概就能感到这个东西的大小，还能模糊地感觉到这个东西的硬度。

随着射击次数的增加，以及观察反弹子弹的细致程度，你越来越有经验，你现在连这样东西的形状都已经能大致确定下来了：是一个圆形的东西。但是你很快就发现，子弹的大小是个瓶颈，虽然你已经发现了那样东西的表面肯定是不光滑的，但是这种橡皮子弹太大了，以至于你无法进一步地了解那个东西的表面性质到底粗糙到什么程度。

于是，你要求我把橡皮子弹换成米粒子弹，当你开始用米粒子弹加大射击频率，仔细地观察反弹出去的米粒，你对这样东西的外形已经掌握得越来越清晰了，这是一个近似椭圆形的东西，上下似乎有两个尖头。

然后你开始专注于研究那些反弹角度很小的米粒，因为这些米粒能反映出这样东西表面的粗糙程度，一段时间以后，你发现米粒被反弹的角度呈现周期性变化，于是你可以确定这样东西的表面有一些明显的沟壑，但问题是米粒还是太大了，你无法细致地掌握这些沟壑的粗细和深浅。这次你换上了沙粒子弹，于是这样东西的表面细节被你掌握得更多了，你再换上更小的沙粒子弹，于是每更换一次子弹的大小，你对那样东西的掌握程度就增加一分，直到最后你轻而易举地猜出了我放在支架上的那样东西：一个大核桃。

如果你想通了我上面说的“子弹射击法”，并且接受了这种方法能够确定一样不能被直接看到的東西的形状和性质，那么恭喜你，你已经掌握了人类探索隐藏在物质最深处的秘密的方法，那就是尽可能地找到更小的子弹，不断地轰击你要研究的对象。如果对象穿着“衣服”就把衣服打下来后继续打，没错，这个方法很黄很暴力，但是真的很管用。不管对象是什么东西，我就是这一招鲜，只要我的子弹和对象相比足够小，我就能搞清楚对象的所有细节。

人类很快发明了一种用电子作为子弹的探测装置，这种装置就是被我们称为电子显微镜的东西，用这种显微镜甚至能“看到”原子的形状和大小。虽然电子这种子弹很小，但问题是电子的“力道”太小，打到原子上就被反弹开（后来人们知道是因为电子带电，因为同性相斥的道理，电子被包裹着原子飞行的电子排斥开了），就好像我们用沙子去击打篮球，虽然我们能掌握篮球的形状和大小，但是我们却无法进一步地了解篮球内部到底是由什么组成的。

勇敢无畏的物理学家们很快又在自然界中找到了一些神奇的矿物质，这些矿物质会天然地放射出大量的很小很小的粒子（被称之为 $\alpha$ 粒子，读作阿尔法粒子），而且这些粒子和电子比起来，那就好像是真手枪子弹和玩具手枪子弹的区别一样，它们的速度甚至可以达到光速的十分之一，力道大得惊人，可以轻而易举地穿透金属制成的箔片，更不要说人体了。

被人类发现的第一种这样的物质叫做镭，它是由大名鼎鼎的居里夫人发现的，但是就像我前面说的，镭时时刻刻都在放射出看不见的超级子弹，可以把人体细胞中的DNA都打得稀烂，居里夫人就是这样被镭夺去了宝贵的生命，为人类的科学事业献了身。除了镭，还有名震四海的铀，因为它是制造原子弹的材料（笔者就是在核工业部某大队长大的，这个大队的主要任务就是四处寻找铀矿，笔者的父亲就是新中国第

一批学习这个专业的大学生，找了大半辈子的铀矿。只是据我所知，他们金矿找到了不少，铀矿却没找到多少，也好在找到的不多，幸使家父至今身体健康）。这些矿物质被统称为“放射性材料”，有时候也被简单地称为“核材料”。

英国物理学家卢瑟福第一个想到了用这种放射性材料做成“枪”，用它们放射出来的力道实足的粒子作为子弹，去轰击原子，看看会发生什么。1909年3月，卢瑟福用一把“镭射枪”对着一张金箔（就是把金子做成薄薄的一张纸）猛烈开火，然后详细地记录了所有发射出去的子弹在遇到金箔后的散射情况。他发现几乎绝大部分阿尔法粒子都如入无人之境，直接射穿了金箔，但是有大概八千分之一的阿尔法粒子发生了大角度的偏转，然后大概有十万分之一的阿尔法粒子竟然被反弹了回来。卢瑟福后来回忆说，当时发现居然有被反弹回来的粒子，他实在是相当的吃惊：“这是我一辈子中遇到的最不可思议的一件事情，这就好像用一门大炮对着一张纸轰击，打了十万发炮弹出去，全都直接穿透那张纸（这太正常了），但第十万零一发炮弹打过去，居然这发炮弹没有穿过纸，直接被反弹了回来，打着了自己，你说炮手要是当时在喝咖啡的话，还不把咖啡洒得全身都是。”（It was quite the most incredible event that ever happened to me in my life. It was almost as incredible as if you fired a 15-inch shell at a piece of tissue paper and it came back and hit you.）于是，就这样，卢瑟福发现了原子的秘密，原子内部有一个非常致密的原子核，但是体积只占了整个原子的一丁点儿一丁点儿。伟大的卢瑟福一生培养了13个诺贝尔物理学奖得主，还不包括他自己在内，但是，卢瑟福也步了居里夫人后尘，死于自己最亲密的伙伴——放射性材料的手上。

原子核被发现以后，再往下对人类的挑战就更大了，因为原子核实在是太坚硬了，天然的镭射枪根本打不碎，既然打不碎，自然也就无从知道原子核内部的秘密了。但是，没有什么事情能难倒那些牛逼的物理学家们，他们很快就找到了一种提高子弹力道的方法，那就是“电磁加速”。阿尔法粒子是带正电的一种粒子，读过中学物理的人都知道，一个带电的物体在电磁场中会受到洛伦兹力（啊，好熟悉的名字），于是人们就会想到：可以利用电磁场给阿尔法粒子加速，一旦速度提高了，那么阿尔法粒子的能量就提高了，只要不断地提高能量，总能把原子核轰开。于是人类开始制造这种被称之为“粒子加速器”的机器，用来加速粒子，轰击原子核，从而去探究原子核里面的秘密。粒子加速器一般都是一个超级巨大的环形轨道，粒子在里面被一圈圈地加速，甚至被加速到接近光速，但这玩意儿的耗电巨大。

人类如愿以偿地把原子核给击碎了，并且发现了原子核是由质子和中子组成的，还惊讶地发现了原来我们用来做子弹的阿尔法粒子其实就是由2个质子和2个中子组成的。既然质子能被加速，那么电子也能被加速，用电子做子弹的好处就在于电子比质子还要小1000倍，正如我们前面所说的，子弹越小越能探测得精确。但子弹光是小没用，还要力道足够大，也就是速度足够快，这样才能击碎目标。于是要提高粒子的速度，就需要更强的电力和更长的加速距离。

建造粒子加速器是目前人类认识物质深层次秘密的唯一途径，因此全世界都展开了竞赛，看谁建造的粒子加速器更强大，目前暂时取得世界第一的是坐落于日内瓦附近的欧洲大型强子对撞机（简称LHC），这个庞然大物恐怕是目前人类建造的最大的一部机器，花了整整100多亿美元，它的环形加速轨道的周长有27公里，埋在地底下，下面这张图是用卫星照片来比画大小，让你直观地感受它有多大，



图10-1 LHC的卫星示意图



图10-2 LHC的环形加速轨道

这个庞然大物一旦开动起来，所需要的电力实在惊人，据说它一开动，整个日内瓦市的所有电灯都会变暗，因此往往都在晚上用电低峰的时候开动，它需要一个可以给一座中型城市供电的发电厂专门供电。这么一个庞然大物，里面跑的居然只是些小得不能再小的电子。当粒子加速器把一些粒子加速到接近光速后，就要让这些粒子对撞，但是你知道要让那么小的粒子正面对撞的概率有多小吗？这就好像一个人在上海，一个人在旧金山，两个人各拿一把手枪，隔着太平洋对射，要让子弹刚好和子弹撞上，你说这个概率有多小。为了提高对撞的几率，只有一个办法，那就是一下子打出去几亿甚至几十、几百亿颗子弹，那么总会有几颗子弹对撞上。LHC有望在2011年底寻找到人类已知的最后一种粒子，被称之为上帝粒子的“希格斯玻色子”。

人类就是靠着这种让粒子对撞，然后再观察对撞后粉碎的粒子的轨迹来研究微观世界，寻找新的粒子。近年来，越来越多的新的粒子在实验室中被发现，这些粒子要么具备以前没有发现过的质量，要么就是自旋的方式不一样。现在，人类基本上已经掌握了一张数据表，里面标明了已经发现的各种各样粒子的各种性质，例如质量、大小、自旋、电荷、相互作用力等等。现在人类不禁要问，有没有一种统一的理论，在这个理论下所有这些基本粒子都可以看成是同一种物质的不同表现形式。就好像石墨和钻石，看起来如此不同的两样东西最后被发现其实都是碳元素（C）的不同表现形式，C原子的不同排列形式决定了材料的性质。那么所有这些看起来质量、自旋、电荷、大小都不同的基本粒子是不是也能够用一种统一的理论去描绘呢，如果有的话，那么是不是就有可能发展成为万物理论（T.O.E.）。

因为我们了解了基本粒子的本质成因，就能了解由基本粒子构成的原子、分子、材料、万物的性质和成因。打个比方，这就好像我们如果掌握了每个大气分子的运动规律，那么我们就计算出整个大气的运动规律，当然，这需要超级庞大的计算能力，但从理论上来说，就是这样的。而一个分子相对于所有基本粒子来说，就像是整个大气，我们把组成分子的每个基本粒子的规律掌握了，那么要掌握分子的规律也就是顺理成章的事情。

然后，像这样的一种基本粒子成因的理论绝不是可以随意胡思乱想的，你必须找到一种理论，在这种理论下你可以得到描述这个理论的数学方程式，并且用这些数学方程式能够自然而然地运算得到所有已经发现的基本粒子的各种属性，并且不但能解释已经发现的所有基本粒子，还能预言没有发现的基本粒子的各项属性。

就好像广义相对论，虽然成功地解释了水星的进动现象，但是光是能解释已有的现象还是不能让人信服的，只有当广义相对论成功地预言了星光偏转现象之后，才能让全世界的物理学家信服这个新理论。寻找这样的一个可以解释所有基本粒子成因和准确地计算得到各种数据的理论就是人类向万物理论发起冲锋的第一步。

## 宇宙中的四种“力”

再让我们来看看第二个问题——宇宙中的“力”。

我如果问你“力”是什么，你可能马上想到力不就是力气、力量、力度吗，我如果问你受力的大小怎么理解？你可能会挥起拳头这么一比画，说拳头往沙包上打去，打得越狠，沙包受到的力就越大。可是，这些力都不是物理学家眼中这个宇宙中最根本的力。我们一拳打在沙包上，一个小球撞向另外一个小球，或者一颗子弹洞穿标靶，这些是动量守恒定理在起着作用，我们只要知道物体的运动速度和质量，就可以计算撞击后发生的一切事情。

什么才是最根本的力呢？我们根据牛顿定理就知道，力是改变物体运动状态的作用，那么到底是什么作用在改变着物体的运动状态呢？两个小球相撞，虽然两个小球各自的运动状态都被改变了，可是从整个系统的角度来看，两个小球仍然符合动量守恒，其实并没有什么“力”掺和在这起小球相撞事件中，只不过是“速度”从一个小球转移到了另外一个小球身上。

宇宙中的第一种基本的力是万有引力。你想想，我们平常所感受到的力其实究其本质都是引力在起作用。



用，比如我们每个人自身感受到的重力，其实就是地球对我们的引力，大气压力是空气的重力，静止在高山上的石头滚落，是引力在起作用。

接着，人们又发现了宇宙中的第二种力，那就是电磁力，两块磁铁异性相吸，同性相斥，尤其是当你感受同性相斥的效应时，你尤其能实实在在地感受到磁力的存在。我们看到的火车开动，电梯升降，甚至煤气灶把水烧开，这些现象究其根本，其实，都是电磁力在起着作用。

除此之外，还有没有第三种力了呢？在爱因斯坦活着的时代，没有了。在爱因斯坦的时代，物理学家们发现，宇宙中一切运动的物理现象，究其根本就是只有两种力在起着作用：引力和电磁力。不论是什么样的运动状态的改变，你研究到最后，发现到头来归根结底是引力和电磁力的作用。

引力我们先有牛顿的万有引力公式后有广义相对论修正了的引力公式来描述，电磁力我们有优美的麦克斯韦电磁方程组来描述。而且我们发现引力比电磁力弱得多得多，比如把一根塑料棒在头上擦两下，就能把桌上的纸片轻而易举地吸起来，也就是说在头上擦两下产生的电磁力就远远地大于整个地球对纸片产生的引力。不过引力也有一个厉害的地方，那就是引力是长程力，无论距离多远，都能影响到，虽然衰减的速度跟距离的平方成反比，但是那也比电磁力要长得得多，电磁力虽然很强，但是能影响的距离很短，力的大小随距离衰减得非常快。

爱因斯坦在生命的最后30年中，一直致力于把引力和电磁力统一到一个数学表达式中，这被称之为“统一场理论（GUT）”。爱因斯坦认为如果统一了引力和电磁力，他就找到了这个宇宙中最深的奥秘，并且他坚信利用他发现的广义相对论能够找到这个统一场理论。然而，悲壮的爱因斯坦就像只身去炸碉堡的董存瑞，苦苦追寻了30年，直到去世，也没有把这个理论堡垒给炸掉。其根本原因还在于，广义相对论这个炸药包在统一场理论这个堡垒面前，仍然显得太藐小了。在爱因斯坦之前的所有物理学家都习惯于“自大而小”地寻找理论，也就是先从最大的宏观上找到一个近似的理论，然后逐步地去修正它，使之和实验值符合得越来越精确。在后爱因斯坦时代，人们开始意识到可能这个方法根本就错了，或许“自小而大”才是根本解决之道。

在爱因斯坦死后，人类对微观世界的了解越来越多，尤其是有了威力巨大的粒子加速器之后，人类对原子的了解突飞猛进。于是，又有两种最基本的力被发现，一种叫做弱核力，它是产生物质的放射性现象的根本原因；另一种叫做强核力，这种力把质子和中子结合成了原子核。说到这个强核力，看过《三体2》的朋友都对那个威力无穷的“水滴”印象深刻吧，那个“水滴”又叫“强相互作用力探测器”，“强相互作用力”指的就是“强核力”，它是人类迄今为止发现的最强的“力”，它有多强，看看《三体2》就印象深刻了。

现在，上帝把这四种力摆在人类的面前，就好像是四块“七巧板”，上帝说这四块板子其实原本是一个完全没有缝隙的完整正方形，我用一种巧妙的手法把它分割成了四块，请你们人类思考一下该如何还原回去。

上帝留给了人类两道终极思考题，一道题是请用一个统一的理论解释所有基本粒子的起源和成因；另一道题是请把宇宙中的四种基本作用力用一个统一的数学公式描述。

经过3000年的科学攀登，经过无数的磨难和坎坷，我们曾经掉在陷阱里面几百年出不来，也曾经被困在迷宫中差点找不着出路，终于，这一天来临了。我们，这个居于银河系边缘的一个毫不起眼的叫做太阳系中的一颗美丽蓝色行星上的两足生物，站到了上帝的面前。上帝说如果你们能解开这两道题目，那么请接受我最诚挚的敬意，从此我收回我以前的一句玩笑话“人类一思考，上帝就发笑”。

我们朝上帝微微一笑：“不论你发不发笑，我们都不会停止思考。”

## 超弦理论

上帝有时候对人类挺好，经常会给我们一点好运气，弦理论的发现也是这样。物理学界流传着这样一句话——“弦理论是21世纪的理论偶然落到了20世纪，被好运气物理学家们抬到了。”

1968年，有一个叫做维尼齐亚诺（Gabriele Veneziano）的年轻物理学家，他任职于大名鼎鼎的欧洲核子研究中心（简称CERN，这里面出过很多牛逼哄哄的人物，包括互联网之父蒂姆·伯纳斯·李），我们前面提到的那个全世界最大的粒子加速器LHC也是这个机构建造的。

大多数物理学家都是数学家，这个维尼齐亚诺也不例外，他对数学是相当的有兴趣。有一天，他闲来无事开始把玩200多年前大数学家欧拉发明的一个函数——所谓的欧拉 $\beta$ 函数，给一个 $x$ 值，算出一个 $y$ 值，再给一个 $x$ 值，再算出 $y$ 值，然后写在纸上，就好像小孩子孜孜不倦地把积木摆来摆去一样。

你可能觉得物理学家真变态，这有啥好玩的？我们大多数人都对数字很讨厌，避之唯恐不及，所以我们大多数人就只能当普通老百姓，当不了神奇的“家”。维尼齐亚诺玩着玩着，突然发现眼前这些数字怎么越看越熟悉啊，你是不是想起来了，我们在第三章中提到赫兹在看到电磁波的速度是31.5万公里/秒这个数字的时候想到了斐索实验中光速也是这个数字，于是人类了解了光的本质。

物理学有时候就充满了这种惊奇和意外，维尼齐亚诺手中的这些数字让他突然就联想到了全世界各地汇集过来的粒子对撞中产生的大量的原子碎片的各种数据，它们似乎有着极其惊人的关联。冥冥之中，似乎200多年前的欧拉获得了上帝的启示，写下了这个欧拉 $\beta$ 函数，历经200多年的时空穿越，维尼齐亚诺偶然

发现了这个函数的惊人秘密。但问题是，这个函数虽然很管用，但是没有人能知道这个函数到底代表着什么物理意义，就好像一个小孩背会了九九乘法表，可以轻松地为奶奶算出菜价，但是小孩却完全不知道这个像歌谣一样的九九乘法表是怎么来的，表示什么意义，维尼齐亚诺面临的尴尬就跟这个小孩是一样的。

要把一团乱麻给理成一根线，最关键也是最难的是要找到线头，现在，揭示微观世界秘密的线头被找到了，就是这个欧拉函数。两年之后，芝加哥大学、斯坦福大学、玻尔研究所的几位科学家几乎同时发现，如果用小小的一维的振动的弦来模拟基本粒子，那么它们之间的核作用力就能精确地用欧拉函数来描写。这根弦非常非常小，小到在我们现有的所有实验条件下，它表现出来的都仍然像一个点，实在太小了。

然而，弦理论的这条路非常的坎坷，似乎一堆刚刚冒出一火星的柴堆，还没蹿出第一个火苗就被当头浇了一盆凉水。弦理论最初的几个预言被实验数据无情地推翻，全世界的物理学家们在一片歛歛中都不情愿地把弦理论扔进了废纸篓，只有谢尔克、格林和施瓦兹等几个少数物理学家仍然没有放弃。他们觉得弦理论所展现出来的数学之美实在是太令人印象深刻了，哪怕在实验数据上有瑕疵，他们也不愿意放弃，他们愿意去修正理论而不是扔到垃圾桶中。经过10多年的努力，终于在一篇里程碑式的文章中，他们解决了矛盾，并且向世人宣告弦理论有能力成为万物理论。这篇文章在物理学界一石激起千层浪，许多物理学家放下手头的工作，激动地阅读格林和施瓦兹的文章；读罢，很多人都马上停掉了手里的研究项目，转而一头奔向这个终极理论的战场，有什么事情能比得上探求统一全宇宙的理论更令人激动呢？

1984年至1986年，被物理界称为“第一次超弦革命”。为什么在弦理论前面又增加了一个“超”字呢？格林和施瓦兹认为每一个基本粒子必须要有一个“超对称”的伙伴，电子有一个超伙伴叫做超电子，光子的超伙伴叫做光微子等等。弦理论和超伙伴的假想一结合，立即发挥出巨大的威力，就好像脱去普通西装，露出内裤外穿的超人本身，从此，弦理论升级为超弦理论。超弦理论认为，任何基本粒子都不是一个点，而是一根闭合的弦，当它们以不同的方式振动时，就分别对应于自然界中的不同粒子。我们这个宇宙是一个十维的宇宙，但是有六个维度紧紧蜷缩了起来。就像远远地看一根吸管，它细得就像一条一维的线，但是我们凑近一看，发现其实是一根三维的管，其中的二维卷起来了。那六个维度的空间收缩得如此之紧，以至于你必须要放大一亿亿亿多倍（1后面34个零）才能发现，其实所有的粒子都不是一个点，而是一个六维的“橡皮筋圈”，不停地在空间振动，发出曼妙的音乐。

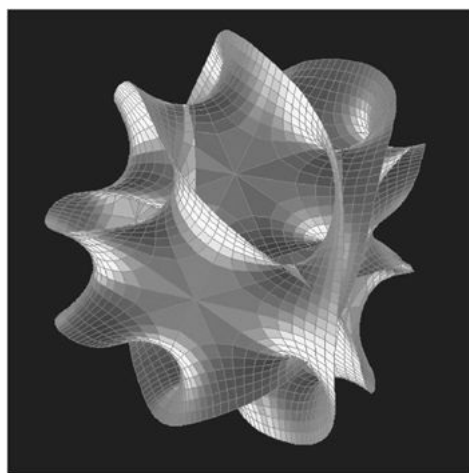


图10-3 超弦假想图

在第一次超弦革命爆发到现在，已经过去了20多年，物理学界又有了很多很多的进展，例如从超弦理论中又派生出M理论，现在正在大热。这个理论把十维的宇宙又扩展了一维，变成了十一维的宇宙（十个空间维加上一个时间维），再往下讲就不是这本书力所能及的了，毕竟这仅仅是一本介绍相对论的闲书，甚至都不能称之为是一本严谨的科普书。如果你对超弦理论还想了解得更多，推荐阅读B. 格林[美]著《宇宙的琴弦》。

## 伟大的设计

我们这本书的旅程到这里差不多就要到达终点了，然而终点并不意味着结束，恰恰意味着一个新的起点，这个宇宙留给我们的两道终极思考题还没有找到答案。

1999年，霍金在一次演讲中公开宣称，他愿意1赔1的赔率跟任何人打赌，人类将在20年之内找到万物理论。现在离霍金的赌局结束还有8年的时间，这未来的8年中物理学界还会有些什么激动人心的发现，谁

也无法预知。

超弦理论作为目前万物理理论的唯一候选仍然面临诸多的挑战，前途似乎非常的坎坷，即便是像LHC这样全世界最大的粒子加速器，也只能探测到100亿亿分之一米大小的尺度，探测更小的尺度需要更高的能量，这意味着把能量聚集到单个粒子的加速器也必须做得很大很大，而弦的尺度比我们今天能探测到的尺度还要小17个数量级。因此，如果用今天的技术，至少要把我们的加速器造得跟银河系那么大才有可能探测出一根根的弦。但是我们不是要等到直接“看”到弦的那一天才能证明出超弦理论是否正确，仍然可以有很多的间接证据和实验信号来验证超弦理论。

从第一只古猿直立身体仰望星空到我们今天建造出LHC这样的庞然大物，不过最多180万年，和宇宙140亿年的历史来比，就如同一个百岁老人的一生中不到七分钟的时间。然而正是在这七分钟里，我们的哈勃太空望远镜已经能看到140亿光年外的宇宙尽头；我们的LHC能探测到比我们肉眼能看到的尺度小一亿亿倍的东西；我们发明的理论大到能推测宇宙的膨胀系数，描述星系的运动轨迹；小到可以解释令人难以置信的量子行为。现在，或许就差那么最后一步，人类将站到一个全新的高度来审视我们所处的这个神奇宇宙。难怪霍金在《大设计》中发出尼采式的宣言：

它（万物理理论）将是人类长达3000年以上智力探索的成功终结，我们将找到这个宇宙中最伟大的设计！

霍金的理想或许已经真的离我们不远了，在我的有生之年很有可能可以等到物理学家向我们宣布找到万物理理论的那一天，我从内心深处为生活在这个充满挑战的时代而感到庆幸。唯一遗憾的是，我除了静静地等待，什么也做不了，但是如果我亲爱的读者中有即将选择自己人生方向的学子的话，那么请接受我对你的羡慕，你将有机会投身到这场寻找大设计、解答上帝的两道终极思考题的智力探索中，未来之路刚刚在你脚下展开，你的这一步或许决定了我能不能在有生之年看到答案！

# 后记

多年来，我一直有一个理想，等将来获得了财务自由，我要为中国的科普事业做点儿贡献，比如赞助一些科普作家，投资拍点科普的动画片、电视片甚至电影等等，因为我一直有一个朴素的信念，那就是中国的希望在于开启民智，而开启民智在于科普。

突然有一天，我想明白了一件事情，那就是做科普跟有没有钱完全是两件事情，没钱人有没钱人的做法，有钱人有有钱人的做法，关键在于你是去做还是不做，早一天做就是早一天实现自己的理想，早一天实现自己的理想等价于延长自己的生命。想通了这点后，我决定立即动手去做，自然，在现有条件下，写点儿科普类的文章是一个最现实的选择，我手头有一本爱不释手的曹天元写的《上帝掷骰子吗？量子物理史话》，这本书曾经在网上连载，最后结集出版。我想，我也应该以曹天元为榜样，写点东西。于是，我想到了写“相对论”，虽然我最喜欢的是天体物理学和宇宙学，但是鉴于普通人对于相对论的陌生感要远远超过天文方面的知识，因此，我决定先写一本介绍相对论的浅显文章。书的读者定位是受过高中以上教育的普通人，我并没有写一本非常严谨的科普读物的能力，我只能按照我平常吃饭的时候跟人聊天的习惯，以一种“侃大山”的形式来聊聊相对论这个话题，因此我觉得准确地说，我这本书充其量也就能称之为带点科学知识的饭后闲书，看完博得读者一笑而已。

有了这个想法以后，我马上开始动笔，我怕我自己没有毅力坚持写下去，所以不急于在网上发表，想等写了一大半以后再发到网上连载，这样对得起网友，不至于成为“太监贴”。写完第二章的时候，我拿给几个好朋友看，其中有一个朋友把我这个书稿转给了新星出版社的高磊女士，没想到高磊看过后，立即跟我取得了联系，说愿意出版这本书，这下，实在让我有点受宠若惊。有了来自出版社的压力后，我一方面不得不更加认真地对待我的写作，另一方面也对自己是一种暗示，要坚持。

5月29日动笔，到今天7月19日，终于完成了这本书，我在写后记的时候想计算一下到底是多少天，我把右下角的日历点开一看，不禁哑然失笑，还真是巧，大家看看：



刚刚好42天（不由得让人想起《银河系漫游指南》中的那个宇宙终极问题的答案，太巧了），都不用数，一天也不多一天也不少，而且动笔的具体时刻和完稿的时刻都几乎是一模一样的，这还真是巧。这42天来，我坚持每天晚上睡觉前写两三个小时，周末则写一个通宵。说实话能坚持下来，我自己觉得并不是一件易事，因为我根本谈不上是一个作家，甚至称不上是一个写手，在写这本书之前，我从来没有一口气写过一篇超过1万字的文章，你们可以想到这么一本接近17万字的书稿对我而言是一个多么大的挑战。

我能完成这个挑战，有两个人是功不可没的。一个是我的妻子，她永远是我的第一位读者，每次我写完一段，总是她第一个阅读并且总是不忘给我以鼓励，每次她看稿的过程中发出的会心一笑，就是对我的最大安慰，当然，她也给我挑了很多基本的文法错误，她语文基本功比我好得多。她除了给我鼓励外，还得忍受我每天晚上在床头噼里啪啦的键盘敲击声和屏幕亮光，她有一点神经衰弱，睡眠很容易受到声光的影响，但是这42天来，除了有一个晚上把我赶到了书房去写以外，其他时间都默默地承受着。另一个就是新星出版社的高磊女士，是她每天成为我的第二个读者，给了我很多的鼓励和督促，如果没有她的督促，我想我肯定会借机偷懒的。我每次完成当天的写作任务后都会很惴惴然地问她：“昨晚写得还行吗？能看下去吗？”作为第一次写书的人来说，很害怕受到打击。好在高磊作为资深编辑，深知这点，从来不给我任何打击，全是鼓励和肯定的话，甚至对我的“的地得”不分的语文水平也抱以非常宽容的态度。她宽慰我说你完全不用管“的地得”的事情，我们的审稿编辑会帮你修订。我真是大为感激，我深知如果写字的时候让我不停去考虑何时用“的”，何时用“地”，我就完了，思路完全没有办法延续。

同时也要特别感谢我的几个同事，他们为本书绘制了精美的插图，他们是平哥、大力、国华和君君，他们的工作为这本书增添了很多很多的温暖。

写到这里，我想对能坚持看到这里的用心读者说，有一件事情我没有忘记，在本书的第四章结尾的时候提出的四个问题，还有两个我没有回答，我想能坚持看到这里的读者，或许真的都是些用心的读者，你们之中估计有些人还对此念念不忘。其实那两个问题（长棍佯谬和潜水艇佯谬）的答案已经不是很重要了，长棍佯谬必须考虑重力对时空的弯曲效应，而潜水艇佯谬则要复杂得多，如果你真的有兴趣，大可在网上自己搜索答案，这并不难。本书的最大目的还是在于激发读者的求知欲和好奇心，至于多一点少一点问题的答案，其实并不是关键，如果到此时你仍然没有忘记那两个问题，说明我的目的已经达到了。还有更用心的读者可能还念念不忘前言中提到的黄伯伯奇文，但是我真心地希望你对一睹黄伯伯奇文已经丧失了兴趣，我还是不直接给出了，你说我干嘛给他做广告啊。

按照常理，我应当在后记之后开一个长长的参考书目的列表，但是我忍不住想问，这是真的有必要吗？那些密密麻麻的注释小字，到底对我们的读者有何吸引力。我的确看了不少书，如果要列出来的话，也能开一个长长的清单，但是其实要说参考，百度百科和维基百科还有各种各样的网站是我参考最多的东西，但是我仍然觉得完全没有必要列出来。举世公认的科普经典图书比尔·布莱森[美]著《万物简史》，我在它的结尾就没有找到长长的参考书目清单，这加强了我那不列那玩意儿的信念。不列参考书目我觉得还可以向广大读者表明我是一个不懂学术的普通人，对我来讲，了解科学知识就跟看美剧、打游戏、健身娱乐一样没有什么本质区别，它们都是生活的一部分，都是能给人带来享受的活动。

一个业余的、不懂学术的、大学专业是文科的人能不能写一点像科普一样的书呢？是不是只有真正的科学家或者至少是科班出身的正统科普作家才能写科普书呢？我想显然是未必的，在我看过的所有这类书籍中，恰恰是两个“外行人”写的书最好看，一个就是前面说的写《万物简史》的比尔·布莱森，还有一个就是中国人曹天元。我想，恰恰因为他们是外行人，所以他们更能知道普通人能看懂什么，看不懂什么，什么样的术语是恰当的，什么样的术语是过于专业的。

比尔·布莱森在《万物简史》的引言中给我们讲了一个他小时候的故事，说学校发下来一本地理教科书，他一下子就被一张精美的地球剖面图吸引住了，回到家里迫不及待地读了起来，可是却发现，这本书一点都不激动人心，它没有回答任何正常人脑子都会冒出来的问题：我们的行星中央怎么会冒出一个太阳？怎么知道温度的？为啥我们的地面不被烤热？为啥中间不融化？要是地心都烧空了，会不会在地面形成一个大坑，我们都掉进去呢？等等。可是作者对这些有趣的问题却只字不提，永远在那里翻来覆去地说背斜啊、向斜啊，地轴偏差啊，作者似乎是有意要把一切都弄得深不可测，并且，这似乎是所有教科书作者的一个普遍阴谋：确保他们写的决不能去接近那些稍有意思的东西，起码要回避那些明显有意思的东西。

这个故事很容易引起我们的共鸣，想想我们从小到大看过的那些教科书和指定的课外读物吧，出现最多的就是我们最讨厌的数学公式和推导（好在我们今天全都忘掉了，一个公式也没留在脑子里），还有每本书后面都会附带大量的习题，这是一场对我们好奇心的谋杀。但是那些真正有意思的问题，那些始终在我们脑中萦绕的朴素疑问，似乎那些书从来不愿意回答，似乎一回答那些问题就丢掉了作者的荣耀。我们其实可以改变这些。

我写书的动机很单纯，就是让更多的人能了解一些科学知识，因此，我跟出版社约定，这本书我不取一分钱版税，所有我该得的版税全部由出版社代为用作宣传推广费用，我非常乐意为所有的读者免费打工42天。

我这一辈子最大的愿望之一是，在我老得快死掉的时候，收到几张全世界知名的科学家的信或者卡片或者电子邮件什么的任何东西，上面说：年轻的时候曾经看过您写的一本好像是科普类的书，虽然名字和内容现在都已经想不起来了，但是我记得我当年看完以后就毅然决定投身物理学，以至于有今天的一点点小成就，非常感谢您，祝您老一路走好。

如果真有这样的一天到来，我想我会带着非常愉快的心情上路，这远比能睡进豪华骨灰盒，住进豪华墓地来得重要得多。

完。

汪洁

2011年7月9日 星期六