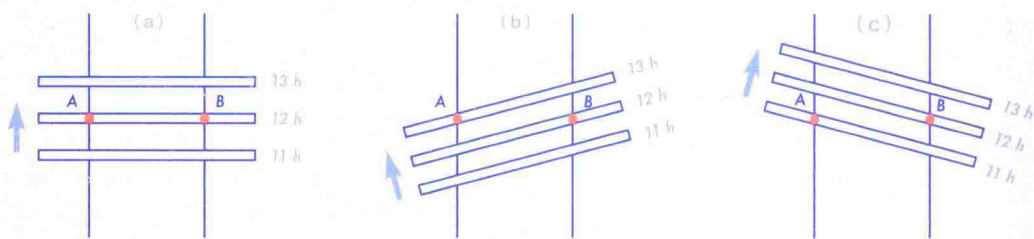


THEORY OF

COMPRENDRE
EINSTEIN
EN ANIMANT SOI-MÊME
L'ESPACE-TEMPS

会动的 相对论



发现爱因斯坦的神奇时空
——张·卡·片

RELATIVITY

hane Durand

芬·杜兰德

著

张芳

译

北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

会动的相对论

COMPRENDRE
EINSTEIN
EN ANIMANT SOI-MÊME
L'ESPACE-TEMPS

Stéphane Durand

THEORY
OF
RELATIVITY

一·张·卡·片
发现爱因斯坦的神奇时空

(加) 斯蒂芬·杜兰德 著 张芳 译

北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

会动的相对论

[加] 斯蒂芬·杜兰德 著
张芳 译

图书在版编目 (CIP) 数据

会动的相对论：一张卡片发现爱因斯坦的神奇时空 /
(加) 斯蒂芬·杜兰德著；张芳译. —北京：北京联合出版公司，
2018.6

ISBN 978-7-5596-1960-0

I. ①会... II. ①斯... ②张... III. ①相对论—普及读
物 IV. ①O412.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 075936 号

Comprendre Einstein en animant soi-même l'espace-temps

By Stéphane Durand

Originally published in France as :
Comprendre Einstein en animant soi-même l'espace-
temps by Stéphane Durand
© Editions Belin/Humensis, 2014
Current Chinese translation rights arranged through
Divas International, Paris
巴黎迪法国际版权代理 (www.divas-books.com)
Simplified Chinese edition copyright: 2018 United Sky
(Beijing) New Media Co., Ltd.
All rights reserved.

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2018-2551 号

选题策划 联合天际·边建强
责任编辑 杨青 高霁月
特约编辑 边建强
顾问 汪洁
美术编辑 Caramel
装帧设计 @broussaille 私制

出版 北京联合出版公司
北京市西城区德外大街 83 号楼 9 层 100088
发行 北京联合天畅发行公司
印刷 北京博海升彩色印刷有限公司
经销 新华书店
字数 140 千字
开本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 6 印张
版次 2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷
I S B N 978-7-5596-1960-0
定 价 68.00 元

未
UnRead
探索家



关注未读好书



未读 CLUB
会员服务平台

本书若有质量问题，请与本公司图书销售中心联系调换
电话：(010) 5243 5752 (010) 6424 3832

未经许可，不得以任何方式
复制或传播本书部分或全部内容
版权所有，侵权必究

前言

爱因斯坦的相对论绝对是众多科学理论中最广为人知的。因为它是人类思想发展史上一次根本性的变革，如今，它是人类理解宇宙的一个理论基础。可是相对论也是最不为大众所理解的理论。为什么呢？因为我们对它的直观印象就是高深而无法理解。确实，相对论看上去是如此抽象，如此颠覆常识，以致大部分人都觉得只有借助数学，并且进行很深入的研究之后才能理解它。而这其实是完全错误的。有一种非常直观的方式可以帮助我们理解相对论，这也正是这本小书想要证明的。

相对论诞生于1905年，它让人们重新审视宇宙，特别是重新思考牛顿提出的绝对时间和绝对空间理论。事实上，和表象完全相反，时间和空间并不是两个独立的实体，而是相互关联的概念，因此我们将它们合并为一个“时空”概念。然而在1905年之前，人们一直觉得牛顿的观点是完全正确的。诚然，日常生活的经验告诉我们：时间流逝的速度对于所有人来说都是一样的，物体的长度也是清晰准确的。然而这些关于时间和空间的设想貌似“显而易见”，却只是针对一个异常复杂的情况做出了并不准确的描述：时间的流逝可以变慢，空间可以收缩，一个人的未来可以是另一个人的过去，两个人变老的速度可能不同，等等。所有这些推论听上去是无稽之谈，可是大部分都已经在实验中被证实了。

本书旨在用较小的篇幅来介绍相对论最基础、最革命性的观点。本书的介绍建立在一个被简化了的时空概念基础之上。书中附赠带有缝隙的不透明的卡片，将它放在书中的图像上，你可

以自己动手还原时空中的情景。这种可视的操作可以使读者以一种直观的方式去理解相对论中最艰深难懂的部分。事实上，当我们使用这样的解释方法时，那些乍看来无法理解甚至有违逻辑的现象就变得非常合乎情理了。¹

当然，这本书不是要详尽地介绍相对论，而是集中介绍其中的重点。我们推荐的方法是要让读者直奔主题，理解为什么时间和空间是相对的概念，了解时空相对的结果。尤其是这个方法还能帮助我们区别什么是相对的，什么不是相对的，因为在相对论中，并不是所有东西都是相对的。例如，时空本身就是绝对的。当然，阅读这本书需要集中注意力，但是关于这个主题就不用了：发现宇宙隐藏的逻辑了吗？



第一章和第二章是关于相对论最著名的两个效应的简短的导论：时间的膨胀和长度的收缩。第三章解释了将时间理解为第四维度的意义并且引出时空的概念。第四章是这本书的核心：在这一章，我们介绍了相对论的三个基础效应并以时空的术语对它们进行解释。第五章通过解决相对论中最重要的两个悖论来深化我们对一些要点的理解。第六章告诉我们为什么光速是非常特殊的，以及它为什么是一个无法跨越的限制。

最后，我们还为那些已经拥有一定物理知识并且想继续深入了解相对论的人准备了“延伸阅读”部分。最后要说的是，是否阅读在页面下方的注解（有些比较详尽和深入）并不影响对全书的理解。

1. 如果您已经熟悉相对论，那么请将书翻至第79页，阅读“延伸阅读”的第一部分，那里有我们所推荐的简化时空方法的详尽说明。

目录

1	时间的膨胀	4
2	空间的收缩	8
3	时空	14
	A) 时间的维度	14
	B) 四个维度	24
4	相对论的效应	28
	A) 长度与时间流逝的变化	28
	B) 为什么现实的效应是相反的	38
	C) 回到更多维度	42
	D) 过去与未来之间的区别是一种幻象	44
	E) 时空的课程	48
5	不是悖论的悖论	52
	A) 谷仓悖论	53
	B) 双胞胎悖论	62
6	光速:无法被超越的屏障	69
	A) 一个真正的悖论	69
	B) 质量的表象增长	72
	C) 近在咫尺的全宇宙	77
	摘要和结语	78
	延伸阅读	79

致谢

这本书的完成经历了一个漫长的过程，很多人在书稿撰写的不同阶段做了部分或者全部的审读，在此我表示衷心感谢。他们非常多的评语帮助我将书稿修改得更好。因此感谢罗伯特·安萨拉格、席琳·比埃洛、西尔万·查邦纽、西尔万·乔米特、皮尔·迪讷、盖伊·杜兰、埃里克·福涅尔、伯努瓦·格鲁克斯、让-马克·李维·勒布隆、让-马克·丽娜、米歇尔·朗廷、让-弗朗索瓦·马勒布、乔斯林·马塞、维罗尼克·巴热、马克·瑟甘和伯努瓦·维伦纽夫、还有我亲爱的瓦雷莉·拉格朗日，她虽然不懂这本书，却用很多种方式赋予我灵感。

谢谢我的女儿法妮，谢谢她每天都在向我论证一点：并不一切都是相对的。

会动的相对论

一·张·卡·片
发现爱因斯坦的神奇时空

COMPRENDRE
EINSTEIN
EN ANIMANT SOI-MÊME
L'ESPACE-TEMPS

Stéphane Durand

THEORY
OF
RELATIVITY

(加) 斯蒂芬·杜兰德 著 张芳 译

北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

前言

爱因斯坦的相对论绝对是众多科学理论中最广为人知的。因为它是人类思想发展史上一次根本性的变革，如今，它是人类理解宇宙的一个理论基础。可是相对论也是最不为大众所理解的理论。为什么呢？因为我们对它的直观印象就是高深而无法理解。确实，相对论看上去是如此抽象，如此颠覆常识，以致大部分人都觉得只有借助数学，并且进行很深入的研究之后才能理解它。而这其实是完全错误的。有一种非常直观的方式可以帮助我们理解相对论，这也正是这本小书想要证明的。

相对论诞生于1905年，它让人们重新审视宇宙，特别是重新思考牛顿提出的绝对时间和绝对空间理论。事实上，和表象完全相反，时间和空间并不是两个独立的实体，而是相互关联的概念，因此我们将它们合并为一个“时空”概念。然而在1905年之前，人们一直觉得牛顿的观点是完全正确的。诚然，日常生活的经验告诉我们：时间流逝的速度对于所有人来说都是一样的，物体的长度也是清晰准确的。然而这些关于时间和空间的设想貌似“显而易见”，却只是针对一个异常复杂的情况做出了并不准确的描述：时间的流逝可以变慢，空间可以收缩，一个人的未来可以是另一个人的过去，两个人变老的速度可能不同，等等。所有这些推论听上去是无稽之谈，可是大部分都已经在实验中被证实了。

本书旨在用较小的篇幅来介绍相对论最基础、最革命性的观点。本书的介绍建立在一个被简化了的时空概念基础之上。书中附赠带有缝隙的不透明的卡片，将它放在书中的图像上，你可

以自己动手还原时空中的情景。这种可视的操作可以使读者以一种直观的方式去理解相对论中最艰深难懂的部分。事实上，当我们使用这样的解释方法时，那些乍看来无法理解甚至有违逻辑的现象就变得非常合乎情理了。¹

当然，这本书不是要详尽地介绍相对论，而是集中介绍其中的重点。我们推荐的方法是要让读者直奔主题，理解为什么时间和空间是相对的概念，了解时空相对的结果。尤其是这个方法还能帮助我们区别什么是相对的，什么不是相对的，因为在相对论中，并不是所有东西都是相对的。例如，时空本身就是绝对的。当然，阅读这本书需要集中注意力，但是关于这个主题就不用了：发现宇宙隐藏的逻辑了吗？

第一章和第二章是关于相对论最著名的两个效应的简短的导论：时间的膨胀和长度的收缩。第三章解释了将时间理解为第四维度的意义并且引出时空的概念。第四章是这本书的核心：在这一章，我们介绍了相对论的三个基础效应并以时空的术语对它们进行解释。第五章通过解决相对论中最重要的两个悖论来深化我们对一些要点的理解。第六章告诉我们为什么光速是非常特殊的，以及它为什么是一个无法跨越的限制。

最后，我们还为那些已经拥有一定物理知识并且想继续深入了解相对论的人准备了“延伸阅读”部分。最后要说的是，是否阅读在页面下方的注解（有些比较详尽和深入）并不影响对全书的理解。

1. 如果您已经熟悉相对论，那么请将书翻至第79页，阅读“延伸阅读”的第一部分，那里有我们所推荐的简化时空方法的详尽说明。

目录

1	时间的膨胀	4
2	空间的收缩	8
3	时空	14
	A) 时间的维度	14
	B) 四个维度	24
4	相对论的效应	28
	A) 长度与时间流逝的变化	28
	B) 为什么现实的效应是相反的	38
	C) 回到更多维度	42
	D) 过去与未来之间的区别是一种幻象	44
	E) 时空的课程	48
5	不是悖论的悖论	52
	A) 谷仓悖论	53
	B) 双胞胎悖论	62
6	光速:无法被超越的屏障	69
	A) 一个真正的悖论	69
	B) 质量的表象增长	72
	C) 近在咫尺的全宇宙	77
	摘要和结语	78
	延伸阅读	79

致谢

这本书的完成经历了一个漫长的过程，很多人在书稿撰写的不同阶段做了部分或者全部的审读，在此我表示衷心感谢。他们非常多的评语帮助我将书稿修改得更好。因此感谢罗伯特·安萨拉格、席琳·比埃洛、西尔万·查邦纽、西尔万·乔米特、皮尔·迪讷、盖伊·杜兰、埃里克·福涅尔、伯努瓦·格鲁克斯、让-马克·李维·勒布隆、让-马克·丽娜、米歇尔·朗廷、让-弗朗索瓦·马勒布、乔斯林·马塞、维罗尼克·巴热、马克·瑟甘和伯努瓦·维伦纽夫、还有我亲爱的瓦雷莉·拉格朗日，她虽然不懂这本书，却用很多种方式赋予我灵感。

谢谢我的女儿法妮，谢谢她每天都在向我论证一点：并不一切都是相对的。

时间的膨胀



在这一章我们将谈及相对论的第一个效应：“时间的膨胀”，它可以使两个人以不同的速度衰老。

爱因斯坦的相对论颠覆了人类关于时间和空间的认知。时间的流逝可以减缓，空间可以收缩，一个人的未来可以是另一个人的过去，光速是一个不可逾越的限制，时间是第四维度，两个人衰老的速度可以不同，等等。以上就是相对论带给我们的令人困惑的推论。之后我们会看到，在四维时空的框架下，我们可以理解这些相互紧密联系的推论。

在相对论带给我们的启示中，最颠覆三观的当然是两个人衰老速度的不同，以及去未来旅行的可能。我们来想象下面的故事。在 2000 年，一对双胞胎 20 岁，他们当中有一个人乘坐高速火箭去了外太空，他的旅行持续了一年。所以当他返回地球时，他 21 岁。然而让他惊奇的是，他留在地球上的双胞胎兄弟已经成了 80 岁的老人。事实上，他所有的兄弟、姐妹、朋友都成了风烛残年的老人，因为他的旅行持续的时间，相当于地球上的 60 年：他是 2060 年返回地球的。可是他却只老了一岁。在他的旅行中，火箭里时间流逝的速度要远慢于地球上的速度。因此，这个旅行者用了一年的时间穿越到了 60 年后的未来。如果他以更快的速度旅行，他就能穿越好几个世纪。

这样的故事绝不只是幻想。可是，要实现这样的未来穿越，火箭需要以接近光速的速度行驶，而这是目前的科技无法做到的。但重点是这从原理上行得通。对于两个人而言，时间确实能以不同的速度流逝。其实，一旦一个人开始运动，他的时间就以和他人不同的速度流逝，只是这样的区别一定要在速度接近光速时才能得以体现。

光的速度是惊人的 30 万千米 / 秒。也就是说，1 秒钟，光就可以跑完 30 万千

米！以这样的速度，光可以在 $1/60$ 秒内完成从加拿大蒙特利尔到法国巴黎的旅程。1 秒之内，光可以绕地球 7 圈。这真是一个非比寻常的速度！事实上，这个速度太快了，在我们日常生活的每一天，光都是飞速传播的。举个例子，当我们点亮一盏灯，它的光线马上就能照在房间的四面墙上。当然会有延迟，可是由于这个延迟太短了，所以我们完全感觉不到。注意，我们这里说的延迟不是指由于机器预热引起的延迟，而是指光线从灯泡运行到墙上的时间。一个更好的实验就是，你可以用手挡住手电筒的光线，然后突然把手拿开：光线好像马上就照到墙上了，但是确实有一个非常短的延时。

现在，人类最快的火箭的速度也只能达到光速的万分之一。这和我们的希望差距很大。那么我们怎么才能证实时间的变慢确实是一个真实的现象呢？要特别感谢粒子加速器。事实上，在这些巨大的机器里，我们可以成功地让基本粒子（质子、电子等）以接近光速的速度运动起来。于是我们可以很好地证实时间变慢的效应。比如，一些粒子是不稳定的，也就是说它们在被创造出来后，就会迅速分裂，因此它们的“一生”非常短暂。然而当它们运动起来，和人类的时间相比，它们的时间就变慢了，它们的“寿命”也就延迟了很多。通过实验，人类发现运动粒子的寿命比它们不运动时长 30 倍。

这是一个具体的实验，向我们证明了时间的流逝确实可以变慢。相对论不只是假想的理论，而且是在实验室里被证实的理论，它真实描绘出大自然的法则。此外，还有另一种方式可以证实时间变慢的现象。

正如我们所说，时间的变慢是存在的，虽然变慢的幅度很小。只是，时间变慢的幅度太小了，以至于人类无法察觉。比如，在“阿波罗”任务中，航天员进行了地球到月亮的往返旅行，因此他们变老的速度就比留在地球上的人们慢了，可是这样的区别可以被忽略——因为只慢了千分之一秒——然而这个区别确实是真实存在的。而我们日常生活中速度更慢的交通工具——飞机和汽车——它们造成的影响就更加微不足道了。比如当我们坐飞机去旅行，时间只变慢了一百万分之一秒。虽然这个时间减缓的量非常少，可是这个现象真实存在：人类已经通过一只非常精确的原子钟证实了这一点。人们把这只钟放在飞机上，在飞机返程的时候人们发现，它比留在地面上的钟慢了。也就是说，它比地面上的钟“年轻”！这就是关于相对论效应的另一个证明。

还有更精彩的！现在日常生活中还有一个关于时间变慢的应用：GPS 定位系统。事实上，为了计算你的位置，GPS 定位器会收到来自绕地卫星的信号。为了

这个系统能够正常工作，人们必须考虑到一个事实，那就是卫星上时间的流逝和地球上的是不一样的。¹

因此时间的变慢是一个真实存在的效应，无论变慢的速度是多少，但是只有当时间变慢的速度接近光速的时候，才有可能被人类感知到。因此这个现象的显现取决于速度：速度越快，时间的变慢越明显。那么回到我们开始时讲到的故事，通过让火箭的速度提升或降低，人类跳入未来的距离或远或近。按照人类现有的火箭的速度，这样的跳跃可以忽略不计；但是如果火箭速度有很大提升，那么这个跳跃可以是几年、几十年甚至好几个世纪。

然而需要注意的是，火箭里的旅行者在旅途中是感受不到任何异样的，时间的流逝对他来说是完全正常的——之后我们会解释原因——但是当他回到地球上，他确实确实比自己的双胞胎兄弟年轻了。²

既然从地球上看来，这个旅行的时间要比火箭上经历的时间长，我们可以说，对于地球来说，时间膨胀了。这就是为什么我们会把这个现象称作“时间的膨胀”。



你很怀疑？时间的流逝对于两个人来说是不一样的，你觉得这个事实很荒谬？可是，这就是严肃的事实。这就是科学最有魅力的地方：证实那些看上去很荒诞的想法在大自然中确实可以实现。时间是如何变慢的？这是我们在下面的章节中想要解释的。首先我们需要考虑的是，我们生活在一个四维的时空当中。



1. 想了解更多相关知识，可以翻阅第 87 页的“延伸阅读”。

2. 我们可以认为是火箭里的旅行者意识不到时间变慢了，因为他的大脑的运动也变慢了，但是这并不是正确答案。

我们刚讲过的时间的膨胀，还有在之后的章节中我们会提到的效应，所有的相对论的效应都必须在速度接近光速时才能显现出来。既然我们日常生活中的物体达不到这个速度，那么相对论效应在日常生活中也不明显。因此我们惯常的直觉不会发展到可以理解这些效应。

这就是为什么我们觉得相对论效应奇怪甚至荒谬。但是值得指出的是，相对论的逻辑和我们日常的逻辑是一样有效的，只是和我们习惯的逻辑不同罢了。

空间的收缩



下面来说相对论的第二个效应,和第一个一样让人困惑:
长度的收缩。

为了理解时间变慢的现象,需要先提到另一个同样荒谬的现象:长度的收缩。事实上,速度不只表现在时间的流逝上,还体现在物体的长度上。因此,一艘飞行的火箭要比它静止的时候短(只有长度在运动方向上收缩了)。和时间的减缓一样,收缩的幅度也取决于速度:速度越快,收缩的幅度越大。同样,只有在速度接近光速的时候,长度收缩的幅度才能够显现出来。在日常生活中,这个收缩人类是感知不到的。可是如果一艘100米长的火箭以光速从我们面前驶过,它的长度就只有50米甚至更短。当然,我们马上会想到一个问题:这个收缩到底是真实存在的还是只是一个想象而已?一个简单的运动就可以压缩一个像火箭一样坚硬的物体,这好像完全有违常理¹。

我们可以假想一个简单的实验来验证这样的收缩是否真实存在。假设有一根10米长的杆子和一个8米长的谷仓(图1)。在谷仓的每一端,都有一扇推拉门。两扇门是打开的,而问题是:当杆子在谷仓里的时候,我们可以同时关上两扇门吗?如果杆子在谷仓里不动,那么当然不可能,因为杆子比谷仓长(图2a)。现在,我们假设杆子运动起来,它以非常快的速度穿过谷仓。我们假设它的速度非常快,使得它的长度被压缩到6米。如果这个收缩不只是一个想象,这就说明杆子确实变得比谷仓短了;因此在杆子经过谷仓的过程中,我们可以短时间地将两扇门同时关闭,然后再打开门让杆子出去,这样就不会撞到杆子(图2b)。

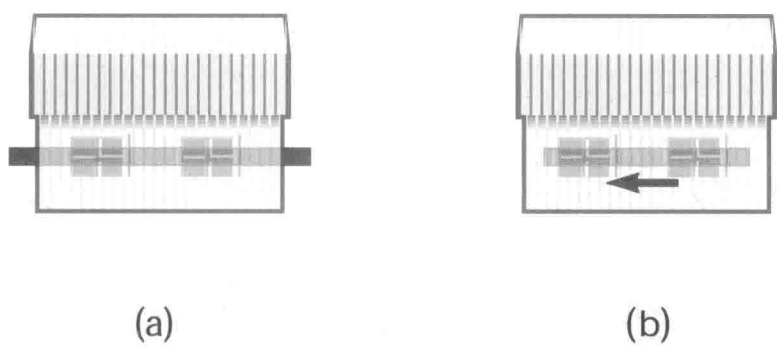
1. 尤其是火箭可以改变自身的速度,而要改变长度,只要让自身运动起来就可以了!

图1



谷仓和杆子。当二者都静止，杆子比谷仓长，它无法被完全放入谷仓中。

图2



长度的收缩。静止的杆子和运动的杆子的长度对比。

这个实验让我们解决了这个问题：有没有可能在杆子快速穿过谷仓时同时关闭两扇门呢？答案是有可能！

——但是这说不过去，杆子的物理长度不可能缩短！

——确实，而且杆子也没有真的被压缩……

——那两扇门就不可能同时关闭喽！

——不，我们还是可以同时关闭两扇门……

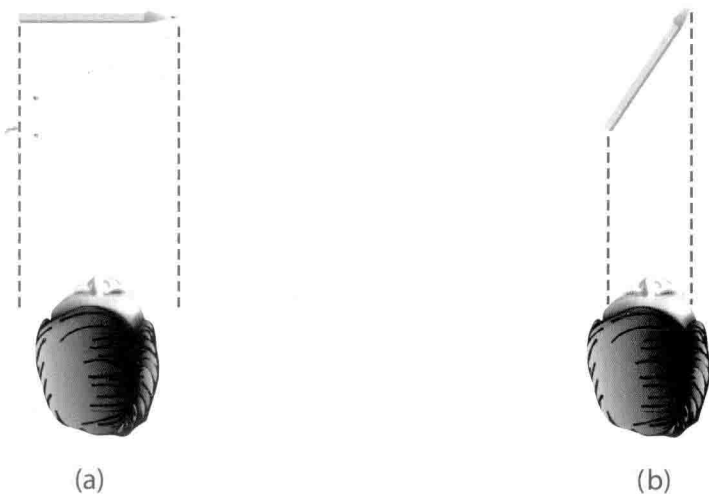
——！！？？？！！

——事实上，长度的收缩是一个非常特别的现象。这是一个真实的现象，却不是物理的缩短。

想象一下，你的面前和你眼睛平齐的位置有一支水平摆放的铅笔。现在，让它在水平位置上旋转：铅笔好像变短了（参见图3）！当然，你不会上当，你知道铅笔只是旋转了：你可以从下方或者从上方看它，发现它只是转动了而已。但是假设我们无法从下方或者从上方观察它，假设我们没有办法意识到它的旋转，有点像是我们只能看到铅笔的影子（图4）。换种说法，我们想象有些生物的实体就是这个影子的世界。对于那些生活在这个平面世界的生物来说，铅笔看上去确实变短了。对于他们来说，他们没有办法发现铅笔的旋转。事实上，影子的世界是一个二维的世界，而铅笔的旋转只能发生在三维空间中。但是对于生活在二维世界的生物来说，他无法感知，甚至无法想象第三维，因为他的感觉和大脑只能在二维世界里正常运作。这就像我们这些生活在三维空间的人类无法感知第四维一样（图5）。

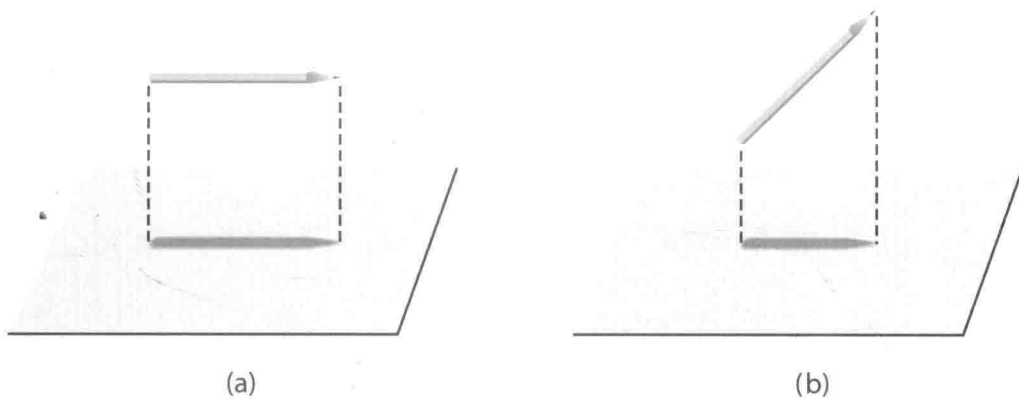
因此，那些看到影子变短的生物无法感知到这个现象是由于物品在另一个维度旋转造成的。

图3



一支看上去变短的铅笔。

图4



一个类比。(a)影子的长度和铅笔的长度一样。(b)如果铅笔旋转，影子变短。铅笔旋转的角度越大，影子越短。对于二维平面空间（影子的世界）来说，铅笔是在第三维度旋转的（参见图5）。这个第三维度是平面世界的生物看不到的，就好像我们这些生活在三维空间的人类看不见第四维度一样。

因此，影子变短并不意味着物品本身变短了。这个现象可以和我们的杆子做类比；只是在杆子实验中，它是在第四维中旋转了。杆子运动得越快，它旋转的角度越大，它在我们三维世界的“影子”（它的投影）就越短。既然我们无法感知它在第四维度中的旋转（我们的认知只在三维空间中发挥作用），我们就会觉得杆子或者火箭真的变短了。

—— 但是一个东西的影子不是一个具体的事物！如果我们确实只能感知到东西的影子，那么我们的世界就不可能像现在这样具体和明显了。

—— 确实如此。而且我们能够感知到的并不完全是物品的影子，而是某个有些不同的东西，这是我们想要在下一章中解释的，影子的类比只是一个想象而已²。



2. 用影子做类比有两个重要的缺点：它无法使人理解为什么长度的收缩和速度有关，而且它无法应用于时间上。