



科普

名家

经典

# GRAVITY

# 万有引力

宇宙中最神秘的力量如何塑造我们的生活

(英) 布莱恩·克莱格 (Brian Clegg) / 著

刘国伟 / 译

来吧，一起倾听遥远的星辰之声

How the Weakest Force in the Universe Shaped our Lives

苹果掉落到天体运行

它是我们最熟知、又最迷惑的自然之力

2016年，引力波被探测到，广义相对论的预言得到验证，天文学新时代出现。可是，面对也许是21世纪最大的天文发现，你明白什么是引力波吗？让我们的目光转向地球和宇宙，和牛顿、爱因斯坦一起开始数千年来的引力探索之旅吧！

 海南出版社  
HAINAN PUBLISHING HOUSE

# 万有引力

布莱恩·克莱格 (BRIAN CLEGG)

译者 刘国伟



 海南出版社  
HAINAN PUBLISHING HOUSE

---

GRAVITY: How the Weakest Force in the Universe Shaped Our Lives  
Text Copyright © 2012 by Brian Clegg  
Published by arrangement with St. Martin's Press, LLC. All rights reserved.

**版权所有 不得翻印**

版权合同登记号：图字：30-2016-083 号

图书在版编目（CIP）数据

万有引力 / (英) 布莱恩·克莱格 (Brian Clegg)

著；刘国伟译。-- 海口：海南出版社，2017.3

书名原文：Gravity:How the Weakest Force in the  
Universe Shaped Our Lives

ISBN 978-7-5443-6961-9

I. ①万… II. ①布… ②刘… III. ①万有引力定律

- 普及读物 IV. ①O314-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 311924 号

---

## 万有引力

---

作者：(英) 布莱恩·克莱格 (Brian Clegg)

译者：刘国伟

监制：冉子健

责任编辑：孙芳

策划编辑：李继勇

责任印制：杨程

印刷装订：北京盛彩捷印刷有限公司

读者服务：蔡爱霞

海南出版社 出版发行

地址：海口市金盘开发区建设三横路 2 号

邮编：570216

电话：0898-66830929

E-mail: hnbook@263.net

经销：全国新华书店经销

出版日期：2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

开本：787mm × 1092mm 1/16

印张：16.75

字数：176 千

书号：ISBN 978-7-5443-6961-9

定价：38.00 元

---

**【版权所有 请勿翻印、转载，违者必究】**

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

.....

献给吉莉安 ( Gillian )、丽贝卡 ( Rebecca ) 和切尔西  
( Chelsea )

.....



## 致谢辞

我由衷地感谢我的编辑迈克尔·霍姆勒 (Michael Homler)，谢谢他的指导和帮助。

在写这部书的过程中，有很多人帮助过我，谢谢他们。这其中有科学博物馆图书馆 (罗顿) 的职员、马库斯·乔恩 (Marcus Chown) 博士、布莱恩·考克斯 (Brian Cox) 教授、鲍勃·埃文斯 (Bob Evans) 教授、肖恩·卡罗尔 (Sean Carroll) 博士、彼得·海恩斯 (Peter Haynes) 教授、弗里德里希·黑尔 (Friedrich Hehl) 教授、加来道雄 (Michio Kaku) 教授、罗纳德·马利特 (Ronald Mallett) 教授、皮特·莫里斯 (Peet Morris) 博士、君特·尼姆兹 (Günter Nimtz) 教授。

# 目 录

致谢辞 > vii

第一章 一种不可见的自然之力 / 001

如果没有引力，一切都不可能发生 / 002

引力的第一定义 / 006

第二章 引力思想的起源 / 009

古希腊人的引力观念 / 011

亚里士多德的宇宙观 / 013

第三章 一些关于引力的思想 / 016

罗杰·培根的经历 / 018

试验的根本性作用 / 020

地球在旋转 / 021

第四章 打开隐藏真理的宝盒 / 025

数沙者 / 026

哥白尼的暗示 / 028

勇气大于才智的反叛者 / 031

牛顿的苹果 / 044

物质的量 / 053

## 第五章 超距作用和其他引力之谜 / 060

吸引的力 / 061

以太介质 / 064

潮汐与引力 / 068

弹弓效应 / 076

## 第六章 扭曲宇宙 / 084

爱因斯坦的三篇论文 / 088

灵光乍现的时刻：等效原理 / 091

时间与空间的性质 / 097

胶皮模式 / 105

## 第七章 爱因斯坦的杰作 / 112

追逐日食 / 113

红移，蓝移 / 118

广义相对论的数学运算 / 122

引力探测器 B / 131

## 第八章 四种力之中的一种 / 136

解释引力的困难 / 138

黑洞是什么 / 143

## 第九章 进入量子世界 / 154

寻找量子引力理论 / 155

优雅的弦理论 / 165

圈量子引力理论 / 167

来自石墨烯的灵感 / 173

宇宙焰火 / 179

## 第十章 以太中的粒子和波 / 186

爱因斯坦的引力波 / 187

一个超越时间壁垒的机会 / 192

引力波探测器 / 194

让人意志消磨的引力波探索 / 203

## 第十一章 反引力 / 208

人造引力 / 210

磁悬浮 / 214

阴谋论眼中的反引力 / 220

反引力的伪科学 / 224

反物质是否能产生反引力? / 227

## 第十二章 不要因为不懂就离开 / 233

注 释 / 238



## 一种不可见的自然之力

所以在他们的一切行动中，他们显示了他们自己是严肃、有智慧的人。

——《亨利八世公文》

(*State Papers of Henry VIII*, 1849年), VII.164

拿起这本书，然后松开手，会发生什么情况呢？这个问题太明显了，让人都不好意思问。会发生什么情况呢？你不用试验，就知道答案。书会掉下去。为什么呢？答案同样明显得让人不好意思，因为引力。

这是最为明显的自然力，其影响被纳入了我们对我们周围世界的预期。如果我们松开某种东西，它不往下降，反而往上

飘，那么我们会先是一怔，然后恍然大悟。要么我们涉及的是氦气球等特殊的东西，要么我们没有牢牢地站在地球上。当我们丢下东西的时候，它们会落下，就这么简单。然而，正如我们将发现的那样，引力的情况其实并不简单。

引力太常见了，太明显了，我们往往看不到它究竟有多么奇特。绝大多数有理性的人嘲笑占星术的思想。他们也许会把它当成乐趣加以宽容，但他们承认它是垃圾。他们说，让人们相信我们的生活以某种方式受到了数百万英里之遥的天体的影响，这未免有点荒诞不经。虽然引力是一种不可见的力，并且没有可察觉的施加影响的机制，但我们承认引力能够跨越那样遥远的距离，产生实实在在的影响。毕竟，把地球保持在轨道上的唯一的東西是它和太阳之间的引力。太阳距离地球 9300 万英里（约 1.5 亿公里）。

你有时候会发现，引力的这种遥远的场被试图用来给占星术提供科学依据。这种观点认为，我们受制于星球的引力，因此它们能够影响我们的生活。虽然这的确是事实，但我们有必要记住，人体和遥远的星球之间的引力是很小的。相比较而言，婴儿和助产士之间的引力更大。因此，如果占星术真的基于这种思想，那么应该让占星图把助产士的位置和质量包括在内，此外还要包括出生时在场的别的任何东西。

## 如果没有引力，一切都不可能发生

在真正的科学世界，引力对我们的影响之大，甚至占星家能够想象出来的任何东西都比不上。没有引力，就会存在很多

种方式，以至于我们不复存在，或不能进行我们的日常活动。粘在地球的表面并不仅仅是一种便利的方式。

多亏有了引力，行星和恒星等天体才首先得以存在。不妨想象一下，在大约 45 亿年以前，在太阳系尚未形成时，你到了它现在所在的位置。你看着一团物质云，看着一团飘浮在空间里的气体和尘埃。没有风来扰乱这种物质的聚集，因此它不会从一个地方被吹到另一个地方。但是有引力，每个物质粒子都对其他粒子产生细微的影响。慢慢地，速度慢得令人难受，物质被吸引到了一起。

与此同时，整个东西在旋转。它一开始就是如此，也没什么东西能让它停下来。只要物质聚拢在一起，它就一直旋转，就像面包师用两手旋转生面团时的比萨饼饼铛。终于，在这个旋转的云团的中心，出现了一大簇物质。随着每一个新粒子撞进来，它会增加能量，产生热。（思考一下你搓手生热的方式。每个粒子的作用都很小，但有亿兆粒子在共同起作用。）

在这个中心团块里，物质粒子不断聚集。数百万年后，积聚的物质的引力产生了足够的热量和压力，某种不寻常的情况即将发生。氢原子（或者更准确地说，被剥夺了其电子只剩下氢离子的氢原子）被越来越紧地挤压在一起，能量越来越多。最后，一种反应发生了。在一种由多个阶段构成的过程中，氢原子核熔化，形成了氦。氦是化学链上紧挨着氢的那种元素。在这一过程中，能量被释放了。

核聚变释放的能量使反应更具活力，在通过中心团块的过程中滚雪球般地增强。于是，我们看到了一颗恒星被强力启动的景象。聚变过程是恒星的力源。如果没有引力，那么这就永

远不可能发生。

正如前面所描述的那样，这一过程有一个瑕疵。带正电的氢离子不愿意彼此靠近，你把它们推得越近，电荷的排斥就越强烈。引发这种排斥的电磁力比引力要强得多。即使把一颗恒星的引力压力都包括在内，再加上已经聚集的热量，也不足以迫使带正电的离子紧紧地挤在一起，以至于熔合了。

最后的障碍被量子效应克服了。正如解释引力的广义相对论涉及的是很大的物体，量子理论解释了很小的物体的行为。氢核等量子粒子的奇特性之一，在于它们没有具体的位置。关于它们有可能在哪儿，只是存在一系列的概率。因此，尽管由于排斥，一对氢核极有可能因相距太远而无法熔合，但这种量子不确定性使一些粒子得以执行一种过程，这一过程被称作量子隧穿。

分居间距两端的粒子不穿越它们之间的距离的概率很低。尽管任何特定粒子经历隧穿的概率都很低，但一颗恒星中的粒子太多了，它们巨大的量使这种跳跃每时每刻都在发生。举个例子，太阳每秒钟把约 400 万吨物质转化成能量，所有能量都源自粒子熔化时质量所产生的细微差异。

在一颗正常的恒星内部，存在一种平衡。这是一种介于内向的引力和外向的压力之间的平衡。内向的引力把恒星内的所有粒子都拉向其中心。外向的压力则由两种压力构成，一种是传统的气压，是恒星中的气体粒子彼此弹离、抵制坍塌产生的结果；另一种是聚变过程中辐射的光的压力。这一反应正在太阳深处进行。当质量转化为能量时，它以光的形式出现。但是，光并非笔直地发出的。

光的任一特定光子只能穿越很小的距离，随后就会与另一

个物质粒子发生碰撞，并且被吸收。到那时，光被重新发射。这一过程的表现就好像光是另外一个粒子，已经弹离了那一物体。作为一种结果，它赋予了那一物体一些能量。被重新发射的光子能量略微降低，物质粒子增加的能量则导致了抵制恒星坍塌的压力的增加。

由于光子离开恒星的速度非常缓慢，它们自始至终都在减少能量，在穿越一颗恒星的横截面的温度的差异中，就可以看到这一情况。举个例子，太阳的核心温度约为 1000 万摄氏度，而我们看见的外层则只有约 5500 摄氏度。光子离开太阳要花约 1 万~100 万年的时间。在此过程中，会发生很多次吸收和再次发射。

与此同时，回溯到新形成的太阳系，绕着那颗年轻的恒星旋转的其他物质簇将会在引力的吸引下聚合起来，形成行星。当然了，并非所有的物质簇都会成功。这是一种复杂的相互作用。如果附近存在足够大的行星，小块物质可能永远没有机会聚合成另一颗行星。据推测，火星和木星之间的小行星带就源于此。小行星带曾经被设想为一颗行星的残骸，现在则被认为是前行星材料。由于其邻居破坏性的引力场，这些材料从来没有形成恒星。

这一切都要归因于引力。当我们丢下某物或跌倒时，这种无所不在的力可能是一种痛苦。但是，如果没有它，那么就不会有地球。如果引力在行星形成后莫名其妙地中断了，我们依然无法生存。把大气保持在适当位置的东西只有引力，舍此无他。至于使我们的脚牢牢地站在地球的表面上，就更不用说了。只要观察一下国际空间站的宇航员执行基本任务（其中包括常见的身体功能）时遭遇到的困难，你就会意识到，引力对日常生存是有益的。

更微妙的是，如果人们在没有常见引力的状态下待的时间太长，那么他们的肌肉就会开始弱化，他们的骨骼就会开始变坏。所有的证据都证明，我们无法在失重状态下过一辈子。进化让我们（以及我们周围的所有植物和动物）成长，使我们在引力的影响下工作。就我们的长期生存而言，引力是不可或缺的，正如我们呼吸的空气。

如果在太空里种植植物，它们的根就会任意伸展，奋力寻找营养。根利用引力的定向力，来搞清向哪里伸展。查尔斯·达尔文（Charles Darwin）知道这一点。只要把植物盆侧翻一下，看看根怎样生长，就很容易明白。在失重状态下，植物受到了干扰。对鸟蛋来说，情况甚至更糟。“发现号”航天飞机在太空做了一个试验，结果表明，在没有引力使蛋黄贴近蛋壳的情况下，一批鹌鹑蛋未能孵化。奇特的是，该试验是在快餐公司肯德基的资助下进行的。<sup>1</sup>

没有动物曾在太空中度过一生，但有理由担心人类究竟会不会在失重条件下长大。如果没有引力对内脏器官的向下拖拽，肺有可能处在横膈膜位置，从而使肺活量减少；肝脏则会在体腔内漂浮得更高一些，从而挤压给肺发挥功能留下的空间。如果一个婴儿在太空出生，那么他的呼吸能力就严重缺乏免疫力。这一状况和骨质恶化结合在一起，强调了作为我们自然环境的一部分，引力有多么重要。

## 引力的第一定义

如果不到太空旅行，或不持续失重飞行，那么我们就不可

能逃避引力对身体产生的影响。即使我们忽视了它对身体无所不在的影响，但引力依然会穿越我们的意识，使它自身为我们所知。“gravity”（即引力）这个词自身的外延超越了自然的一种单纯吸引力。在我的词典里，引力的第一定义与严肃、认真、重要、重大有关。

如果回顾一下对这个词的使用，就会发现这个比喻义首先在英语中得到了突出运用。直到17世纪，作为那种神秘的吸引力的“gravity”的科学含义才变得流行起来。“gravity”最初的科学运用与古希腊物理学的两个概念形成了对照，即重（gravity）与轻（levity）。重是一种向下朝着地球中心（因而也是朝着宇宙中心）移动的趋势，轻是一种向上并且远离中心移动的趋势。（当然了，这样的“gravity”指的是17世纪以前的含义。但是，在拉丁语里，它通常就是这种含义。）

奇怪的是，虽然“gravity”首次比喻运用是在英语里，但“levity”似乎一开始就是物理学含义，然后才转向了其比较普遍的用法，指的是某种轻浮的、肤浅的并且极有可能滑稽的东西，是严谨的、有意义的、认真的“gravity”的描述性反义词。

引力似乎先锻炼了作家的头脑，然后才锻炼了艺术家的头脑。史前洞穴洞壁上最早的艺术显然无视引力的效应，允许形象任意在空间飘浮。后来有了透视法的限制，它赋予了绘画和其他插图一种虚假的三维外观，更好地反映了我们看世界的方式。但是，早在此之前，涂了油彩的脚已经牢牢地站在了坚实的地面上。这意味着，引力就在那里。

因此，引力将保持下去。在萨尔瓦多·达利（Salvador Dali）等超现实主义画家的作品里，引力有时候扮演了一种更

为显著的角色，起到了扭曲常见物体的形状的作用。但是，在艺术中，这基本上是一种无意识的使用。只有当电影需要表现太空冒险，并且自作尝试，去描绘远离地球表面的不同的引力的影响，引力才会受到更为明确的考虑。

不过，为了理解科学意义上的引力思想的起源，我们需要重新审视古希腊人的重和轻的概念。我们是在牛顿的存在观的熏陶下长大的。就我们这样的头脑而言，希腊人的观点给我们提供了一种非常陌生的视角。



## 引力思想的起源

假如没有引力，一个人只要呼出一口气，就能把另一个人推进深空，万劫不复。

——《自然哲学理论》(*Philosophiae Naturalis Theoria*, 1758年) 鲁杰罗·朱塞佩·博斯科维奇  
(Roger Joseph Boscovich)

想象一个非常单纯的世界，想象一个平坦、始终如一的平面，没有特点，一览无余。我们把一些人放在这个平面上，他们可以十分欢快地走下去。干吗不呢？他们凭什么就该飘离它呢？只要受过基本的科学训练，任何人可能都认为，“没错，但根据牛顿第三定律，每种作用都会产生相等和相反的反作用。