

无线电波 · 微波 · 红外光 · 可见光 · 紫外光 · X 光 · 伽马光
七类光照耀世界 让我们看见一切 让我们关注自身 让我们探访宇宙

超越视觉

光的秘密语言

[美] 金伯莉·阿坎德 (Kimberly Arcand) 梅甘·瓦茨克 (Megan Watzke) 著
李焱 陈志坚 王树峰 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

超越视觉

光的秘密语言

[美] 金伯莉·阿坎德 (Kimberly Arcand) 梅甘·瓦茨克 (Megan Watzke) 著
李焱 陈志坚 王树峰 译

L I G H T

The Visible Spectrum and Beyond

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

超越视觉：光的秘密语言 / (美) 阿坎德
(Arcand, K.), (美) 瓦茨克 (Watzke, M.) 著; 李焱,
陈志坚, 王树峰译. -- 北京: 人民邮电出版社, 2016. 7
ISBN 978-7-115-42202-6

I. ①超… II. ①阿… ②瓦… ③李… ④陈… ⑤王
… III. ①光—普及读物 IV. ①043-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第077343号

版 权 声 明

Copyright © 2015 Kimberly Arcand and Megan Watzke

Originally published in English by Black Dog & Leventhal Publishers, Inc.

Simplified Chinese edition copyright © 2016 Posts & Telecommunications Press

All rights reserved.

本书中所附插图为引进版图书原书插图。

-
- ◆ 著 [美] 金伯莉·阿坎德 (Kimberly Arcand)
[美] 梅甘·瓦茨克 (Megan Watzke)
译 李 焱 陈志坚 王树峰
责任编辑 韦 毅
责任印制 彭志环
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺诚彩色印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 889×1194 1/20
印张: 10 2016 年 7 月第 1 版
字数: 398 千字 2016 年 7 月北京第 1 次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2015-7164 号
审图号: GS (2016) 757 号
-

定价: 60.00 元

读者服务热线: (010) 81055410 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广字第 8052 号

► 宇航员从国际空间站拍摄的北极光。

目 录

从什么是光说起	9	5 紫外光（紫外线）	108	致 谢	196
1 无线电波	25	跨越光谱：荧光	120	延伸阅读	196
跨越光谱：光速	34	6 X光（X射线）	134	图片来源	197
2 微波	42	跨越光谱：原子碰撞	148		
跨越光谱：漏光	54	7 伽马光（伽马射线）	158		
3 红外光（红外线）	64	跨越光谱：放电	170		
跨越光谱：反射	78	结 语	181		
4 可见光	86	跨越光谱：阴影	188		
跨越光谱：折射	100				

超越视觉

光的秘密语言

[美] 金伯莉·阿坎德 (Kimberly Arcand) 梅甘·瓦茨克 (Megan Watzke) 著
李焱 陈志坚 王树峰 译

L I G H T

The Visible Spectrum and Beyond

人 民 邮 电 出 版 社

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

图书在版编目 (C I P) 数据

超越视觉：光的秘密语言 / (美) 阿坎德
(Arcand, K.), (美) 瓦茨克 (Watzke, M.) 著 ; 李焱,
陈志坚, 王树峰译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2016. 7
ISBN 978-7-115-42202-6

I. ①超… II. ①阿… ②瓦… ③李… ④陈… ⑤王
… III. ①光—普及读物 IV. ①043-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第077343号

版 权 声 明

Copyright © 2015 Kimberly Arcand and Megan Watzke

Originally published in English by Black Dog & Leventhal Publishers, Inc.

Simplified Chinese edition copyright © 2016 Posts & Telecommunications Press

All rights reserved.

本书中所附插图为转载版图书原书插图。

-
- ◆ 著 [美] 金伯莉·阿坎德 (Kimberly Arcand)
[美] 梅甘·瓦茨克 (Megan Watzke)
译 李 焱 陈志坚 王树峰
责任编辑 韦 毅
责任印制 彭志环
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺诚彩色印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 889×1194 1/20
印张: 10 2016 年 7 月第 1 版
字数: 398 千字 2016 年 7 月北京第 1 次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2015-7164 号
审图号: GS (2016) 757 号
-

定价: 60.00 元

读者服务热线: (010) 81055410 印装质量热线: (010) 81055316

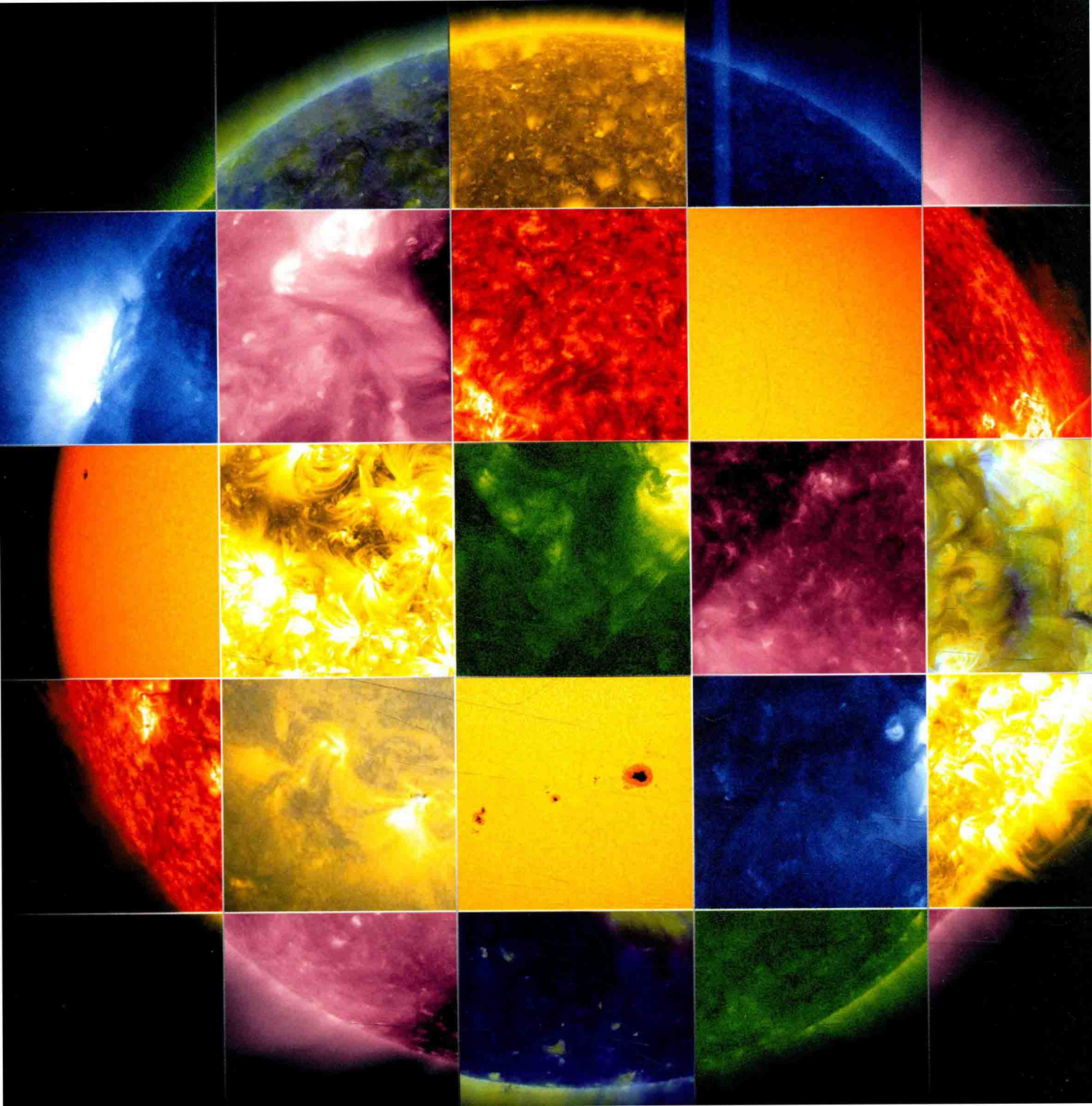
反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广字第 8052 号

献给热爱科学的你们



以及将爱上科学的人们



译者序

光耀世界，它不仅让我们看见周围的一切，对万物的生存也至关重要。阳光为绿色植物的光合作用提供能量，从而产生了动物需要的食物和氧气。光技术是现代科技和社会进步的重要驱动力，是全球经济、社会发展和国防安全的重要基础之一。世界因为有光而更美好！正因为光如此重要，联合国宣布2015年是光和光基技术国际年，简称2015国际光年。

说到光，它对许多人来说就是指人眼能感知的“可见光”，按其波长从长到短一般分为红、橙、黄、绿、蓝和紫光。实际上在红光之外还有红外光，在紫光之外依次还有紫外光、X光和伽马光。这些非可见光的波长范围远远大于可见光。我们知道，尽管可见光和这些非可见光有时表现迥异，它们都属于电磁波，只是波长不同，位于电磁波谱中的位置不同而已。这就是广义的光。如果从整个电磁波谱来看，还有一部分称为微波和无线电波的电磁波位于红外光之外。也就是说，全部电磁波谱按波长从最长到最短来分，可以分为无线电波、微波、红外光、可见光、紫外光、X光和伽马光7大类。它们本质相同，所以都可以叫作光。也即从更广义的角度看，电磁波就是光，光就是电磁波，这就是本书所揭示的光的本质。

本书图文并茂、栩栩如生地展现了横跨整个电磁波谱的各类型光的特性和共性，以及它们推动人类文明与进步的作用，是普及光的知识的极佳作品。两位作者金伯莉·阿坎德和梅甘·瓦茨克身兼导演、制片人和作家数职，又长期在美国国家航空航天局（NASA）工作，她们再度合作的这本书内容丰富，文笔生动，图片精美，安排到位。在简要介绍了电磁波谱的概貌之后，分7章全方位地展示了光。每一章聚焦于一种类型的光，描述它令人惊讶的特性和各式各样的应用，娓娓道来，让读者爱不释手。每一章又配有4个专题，相得益彰。其中“充满光的一天”讲述光如何影响我们的日常生活；“焦点科学家”专门介绍发现某一类型的光或开创了其重要应用的科学家；“跨越光谱”讲解诸如荧光和反射等各种类型光的共性；“穿越宇宙”讨论宇宙中光是如何产生的以及我们如何利用它来“看见”超越我们视觉的事物。

我们见到本书时就被深深地吸引了，便欣然接受了翻译任务，但在翻译过程中却遇到许多挑战。本书知识面极广而且语言生动活泼，要做到翻译准确又不失其文风，确实很难。为此，我们花了很多时间一起讨论，但仍不满意。由于译者水平有限，翻译错误在所难免，请读者批评指正。

我们感谢家人的理解和支持，翻译占去了很多与家人团聚的时间。我们特别感谢北京大学物理学院天文系徐仁新教授对翻译稿的订正。感谢人民邮电出版社科普出版分社的韦毅编辑，是在她的热心帮助下，我们才完成了本书的翻译任务。

光改变了人类的生产、生活和认知方式，也必将继续推动社会的进步，照亮人们的生活。

李 焱 陈志坚 王树峰
2016年1月于燕园

► 宇航员从国际空间站拍摄的北极光。

目 录

从什么是光说起	9	5 紫外光（紫外线）	108	致 谢	196
1 无线电波	25	跨越光谱：荧光	120	延伸阅读	196
跨越光谱：光速	34	6 X光（X射线）	134	图片来源	197
2 微波	42	跨越光谱：原子碰撞	148		
跨越光谱：漏光	54	7 伽马光（伽马射线）	158		
3 红外光（红外线）	64	跨越光谱：放电	170		
跨越光谱：反射	78	结 语	181		
4 可见光	86	跨越光谱：阴影	188		
跨越光谱：折射	100				





► 从阳光到手机的来电，再到我们可能需要的医用 X 光，这些都是不同类型的光。

从什么是光说起

光 就在我们身边，无处不在。
很多人并没有意识到我们每天以多少种途径，又以多少种形式接触到光。从早晨一睁眼就照进眼睛的光，到手机的来电，再到我们在牙医那里照的X光，这些都是不同类型的光。

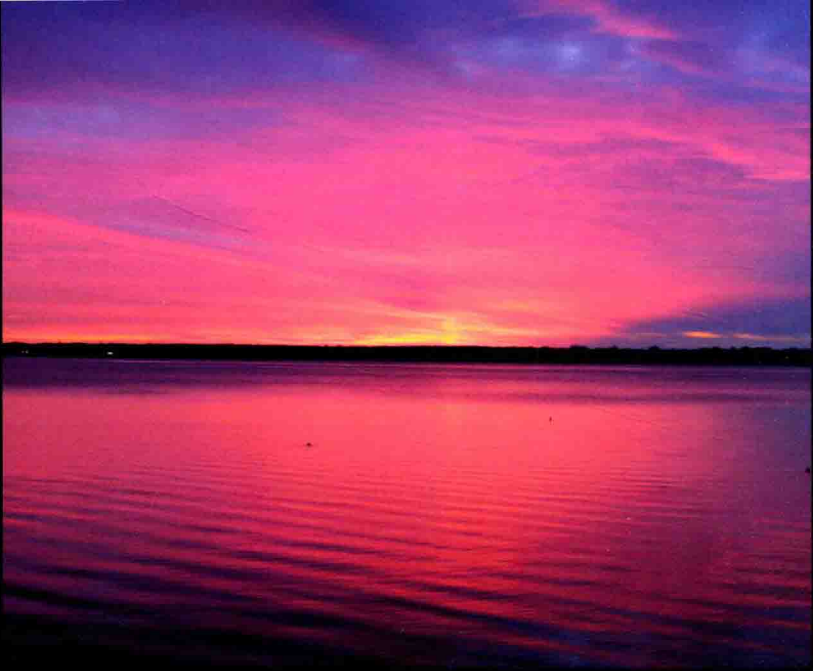
对许多人来说，“光”指人眼能感知的光。但是，正如我们将讨论的那样，可见光只是整个光谱范围中很窄的一段。

这是因为光，包括人类能感知的所谓可见光，只是能量的一种形式。我们能看见的光仅仅是宇宙中存在的光中很小的部分（参见第4章“可见光”中的详细信息）。还有其他类型的光，有些光的光子比可见光的光子能量低，有些光的光子能量则比可见光高得多。

很难将可见光同“其他”类型的光分开，因为它们都是同一本质的不同表现形式。如果你正在弹钢琴，你不能说包含中央C的和弦是“音乐”，而余下的音就不是音乐，而是“其他”。单音和和弦也许在别的八度里，但它们都是音乐。

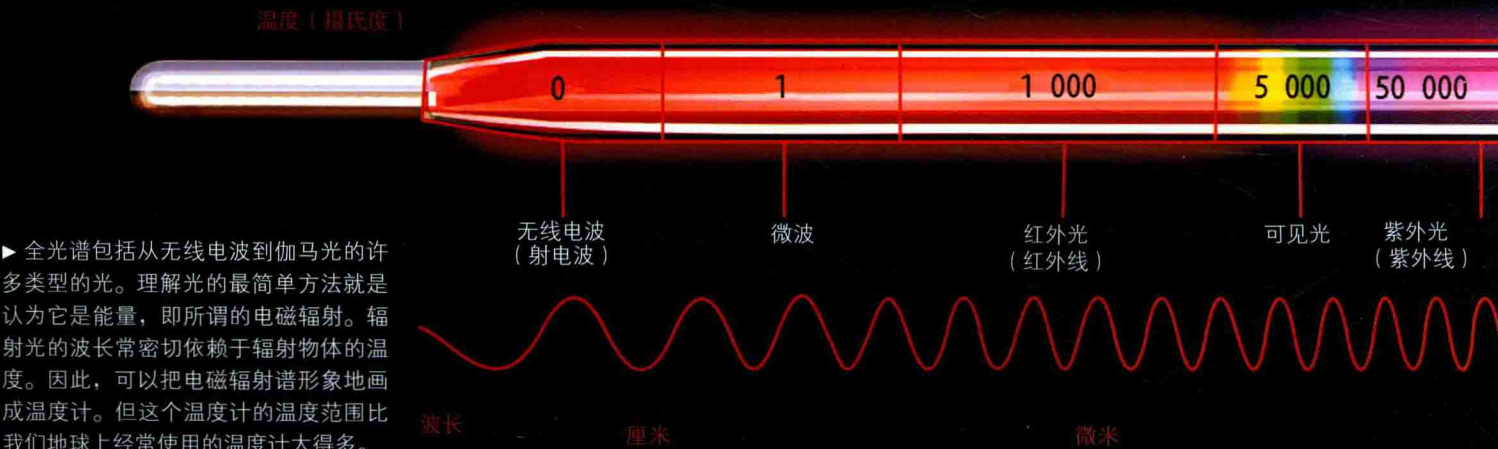
光也是这样。尽管许多类型的光不是我们最熟悉的，但它仍然是光。人类经过进化可以感知特定范围的光（可见光），也即太阳辐射到达地球表面的最强的能量范围的光。除此之外，还存在大量其他类型的光。

如果你想一想，就会发现这是有道理的。在数十亿年的进化过程中，我们星球上的物种要适应环境。我们从最近的恒星——太阳获得光。为了生存和繁荣，地球上的生命形式不得不这样进化，以更好地利用这个能源。现在，我们知道我们的太阳发出几乎所有已知类型的光，包括红外光、紫外光、X光等。由

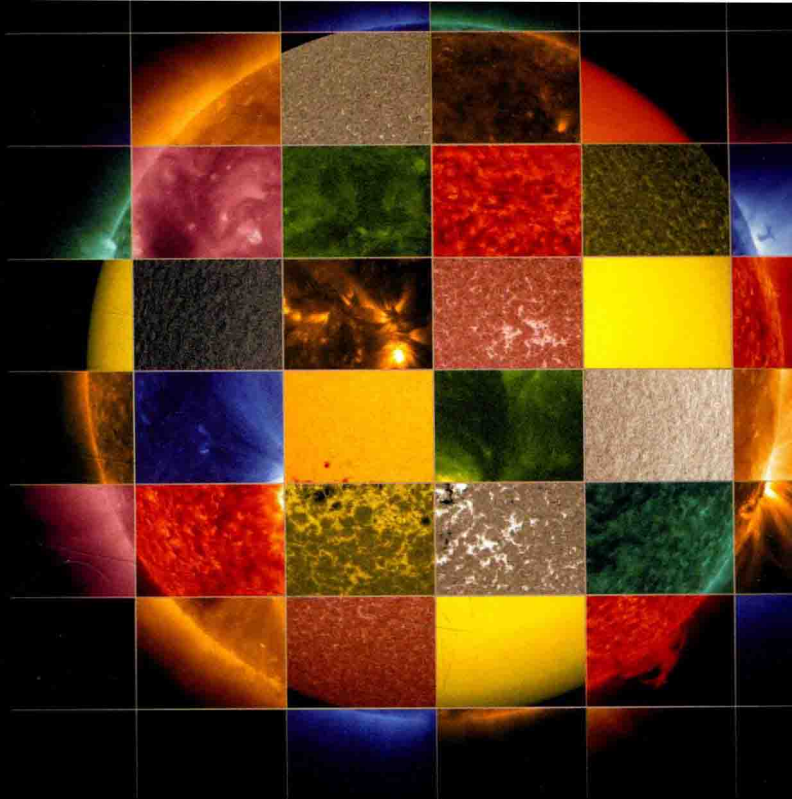
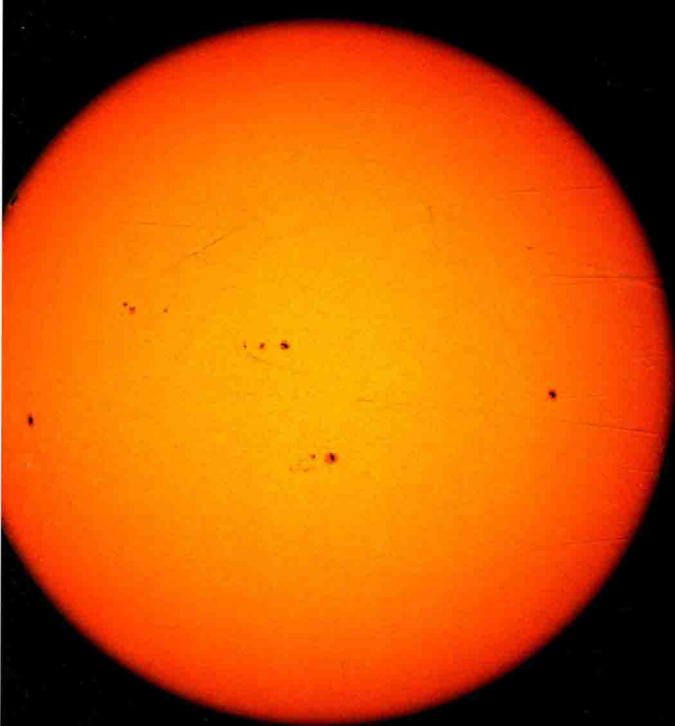


▲ 从古希腊甚至更早开始，人们一直试图确定光到底是什么。数千年来，通过以阳光和火光为主的日常体验，人类已经很熟悉光了。但是，最近几个世纪让我们“大开眼界”，“看见”我们看不见的其他种类的光。

于达到地球表面的阳光的主要能量在可见光波段，因此地球上的主要物种已经进化，以感受到这种光和这种光具有的各种颜色。



► 全光谱包括从无线电波到伽马光的许多类型的光。理解光的最简单方法就是认为它是能量，即所谓的电磁辐射。辐射光的波长常密切依赖于辐射物体的温度。因此，可以把电磁辐射谱形象地画成温度计。但这个温度计的温度范围比我们地球上经常使用的温度计大得多。



X 光
(X 射线)

伽马光
(伽马射线)



100 纳米

▲ 我们的太阳只是左上图那样一个简单的橘黄色圆盘吗？
太阳辐射所有已知类型的光，右上图就是用不同类型的光拍摄的照片拼图。太阳辐射到地球的大量能量不是我们眼睛能看见的类型的光（可见光），而是红外光和紫外光等。有了多种多样的光，我们才能在地球上生存，才能远距离相互通信，才有可能去探索外太空。对地球上的生命来说，幸运的是我们星球的大气层阻挡了诸如X光和伽马光等来自太阳的潜在有害的光线。

电磁波谱

为什么光有这么多种类型？

所有类型的光都是能量，科学家用“电磁辐射”一词称呼这种能量。电磁辐射指的是在真空或在诸如空气和水这样的物质中传播的电磁波。（还有其他类型的辐射，但它们与光毫无关系。）

电磁波是什么？“电”指电场，所以你很容易想到“磁”就是指磁场。电场和磁场相互影响。当电场发生强弱变化时，就会在周围激发电场变化的磁场，反过来，磁场强弱的变化又导致电场继续变化，如此循环。这种共生关系使得电场和磁场一起振荡，产生电磁波。

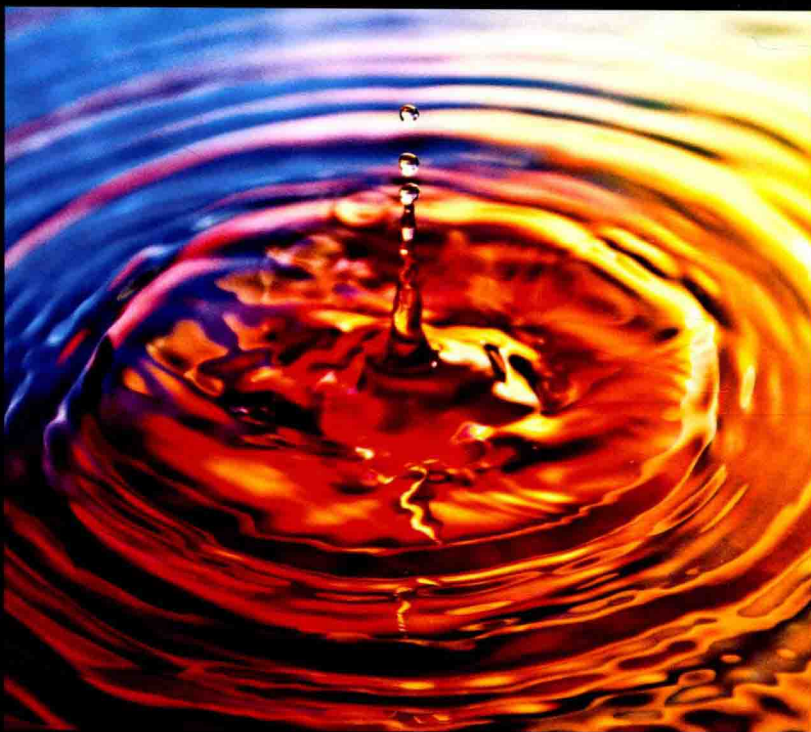
理解波的行为是理解光的行为的关键。考虑一下，我们向池塘平静的水面上扔一块石头，当石头碰到水面时就产生一系列涟漪，这就是波。不同于海边撞碎的波浪，池塘中的波是均匀的，以一定速度向外传播，直到从扔下的石头上获得的能量耗尽为止。

现在想象一下，你可以不停地向池塘的同一位置扔石头，这样能量就不会耗尽，波纹会以相同的速度连续不断地向外传播。在这个假想的池塘中，理论上你可以测量一系列新波通过某个固定点的频度，我们称之为频率。

在很多方面，光的行为就像池塘中的水波。因为光在真空中的速度总是不变，相邻波峰之间的距离就是“波长”，它是波的关键性质之一。当人们说到恒速运动的东西时，频率和波长实际上是同一硬币的两个面（见右图）。

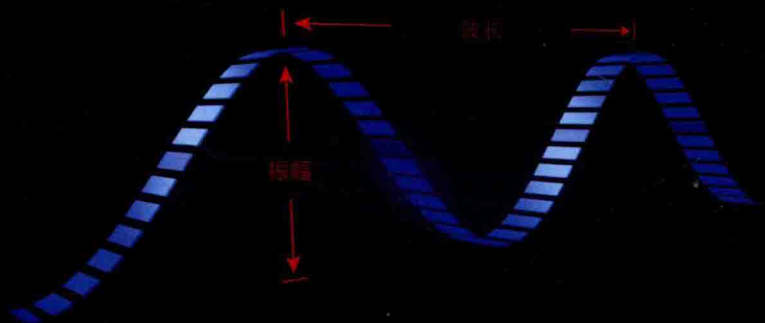
光波的又一关键要素是另外一个轴从上向下的度量，这个叫作振幅。一种波的波长告诉我们这种光的类型，其振幅告诉我们它的强度或者亮度。

利用频率、波长和振幅这3个特征量，我们就可以描述所有类型的光：从无线电波到可见光，再到伽马光，以及介于它们之间的所有光波。是什么原因导致有这么多种不同类型的光呢？要寻找答案，我们必须看看物质本身是如何构成的。



▲ 这张照片显示了向水里扔小物体后出现的情况。物体接触水面后，产生涟漪，也就是波。波以同心圆环的形式向外传播，直到从扔进的物体上获得的能量耗尽为止。

▼ 光的一个关键性质是它的波长，也就是相邻波峰之间的距离。振幅度量其强度或亮度。



光速太快，我们在地球上大多数时候觉得光传播好像不需要时间。但是在浩瀚的宇宙尺度上，恒定高速的光的传播时间却很容易观察到。宇宙如此之大，天文学家只好利用光来度量距离，这就是被称为光年的单位。尽管光年听起来像是用来测量时间的，但它的确是用来表示光在一年中行进的距离，这个数值大约相当于 10^{13} 千米。虽然它听起来巨大无比，但和无边无际的宇宙相比却微不足道。例如，天文学家观察到的宇宙的最远处，远在138亿光年之遥。

离我们近一点的地方有什么呢？离我们最近的恒星（太阳除外）是离地球4光年之外的半人马座阿尔法星。这意味着，即使我们能建造一艘接近光速飞向任何地方的宇宙飞船，要到达这颗恒

星也需要许多年，返回时还需要同样的时间。

现实情况是，当前可以离开地球轨道飞向半人马座阿尔法星的火箭，极限速度约38 600千米每小时。以这个速度，到达火星需要6~9个月，但到达半人马座阿尔法星却要超过10万年。

虽然人类近期不可能到太阳系之外旅行，但遥远的星球、星系和其他宇宙成员发出的光可以到达地球，我们可以利用这些光来了解它们。我们可以利用光获取距离信息，不仅可以知道宇宙中的星体在何处，还能知道某些事件何时发生。换句话说，光年是距离的度量，而且光在宇宙中穿梭几乎无阻碍，我们就知道了这些遥远天体的寿命。这是光的奇特本性和光为我们提供信息的又一例证。



▲哈勃空间望远镜拍摄到了一些我们还能用可见光看到的最远星体。哈勃空间望远镜对同一片似乎空无一物的空间观察了11天，终于拍摄到了这样的天体，其亮度只有肉眼可视亮度的一亿分之一。照片中最远的星系看上去距宇宙大爆炸只有几亿年。

太阳

半人马座阿尔法B星

半人马座阿尔法A星

◀这幅艺术图描绘了半人马座阿尔法恒星系统，它包含3颗恒星，还可能至少有一颗行星。阿尔法半人马座的恒星是除太阳之外离我们最近的恒星，但它们也远在数万亿千米之外，以现有的技术是无法到达的。图中右上方画出了太阳的位置。