

科学图书馆 >>

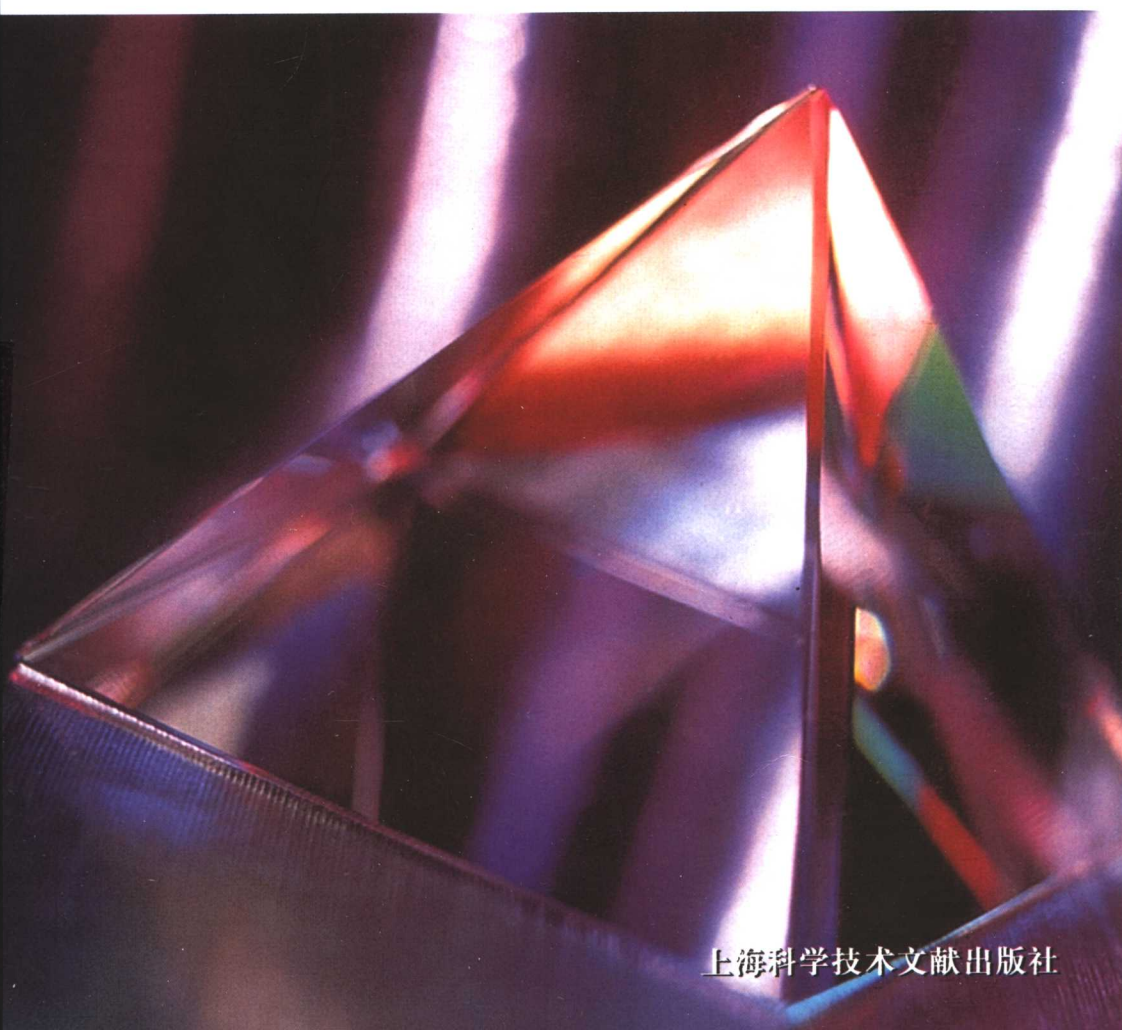
我们世界中的物理

PHYSICS IN OUR WORLD

光与光学

LIGHT AND OPTICS

[美] 凯尔·柯克兰德 著 文清 元旭津 蒲实 译



上海科学技术文献出版社

043/50

2008

科学图书馆 >>

我们世界中的物理

光与光学



[美]凯尔·柯克兰德 著
文清 元旭津 蒲实 译

上海科学技术文献出版社

图书在版编目(CIP)数据

光与光学 / (美)凯尔·柯克兰德著;文青等译. —上海:上海科学技术文献出版社,2008.4

(我们世界中的物理)

ISBN 978 - 7 - 5439 - 3516 - 7

I. 光… II. ①凯…②文… III. ①光—普及读物②光学—普及读物 IV. 043 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 032245 号

Physics in Our World: Light And Optics

Copyright © 2007 by Kyle Kirkland

Copyright in the Chinese language translation (Simplified character rights only) © 2008 Shanghai Scientific & Technological Literature Publishing House

All Rights Reserved

版权所有,翻印必究

图字:09 - 2008 - 207

责任编辑:谭 燕

封面设计:徐 利

光 与 光 学

[美]凯尔·柯克兰德 著

文 清 元旭津 蒲 实 译

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销

江苏昆山市亭林彩印厂印刷

*

开本 740 × 970 1/16 印张 8.25 字数 147 000

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

印数:1 - 5 000

ISBN 978 - 7 - 5439 - 3516 - 7

定价:16.00 元

<http://www.sstlp.com>

谨以此书献给萨拉。

我相信，你在其中会得到比我更多的光明。



内 容 简 介

创世纪中,上帝造物第一日创造的便是光。光在我们生活中的重要性由此可见一斑。人类对自身和对宇宙的探索从来都没有离开过光——这种无所不在的,隐形的,把波和粒子的行为方式奇妙地结合在一起的能量和辐射。本书介绍了科学家是如何探索光本身的性质,通过频率、波长、光谱等来描画光的性质,通过折射和反射来描述光的行为,并且把光和电磁场巧妙地联系起来。在对光的认识基础上,科学家们能够解释奇妙的光学现象,比如海市蜃楼、色彩和三维成像。更重要的是,他们制造出精密的光学仪器,比如显微镜和天文望远镜,使我们的视野扩展到肉眼无法企及的微观世界和宏观世界。也是基于对光的认识,光在医学、军事、通讯和能源领域得到了广泛的运用。从激光手术到移动手机,再到太阳能,我们的生活因为光学而变得多彩、方便和丰富。不仅如此,正是因为有了光,光合作用才能够进行,我们才有了万物生生不息。

物理学远不仅仅是核技术和宇宙起源理论。物理学就在我们的生活中,一睁眼,一幅照片,一张 CD,一次手机通话等等,都隐藏着物理学的学问。人类还远未解开光和大自然的所有奥秘。细心观察生活的人将得到大自然的启示。

前 言

1945年,两枚核弹终结了第二次世界大战,这是对物理学威力的一次展示,让人惶恐而又令人信服。由世界上最杰出的一些科学头脑酝酿出的这次核爆炸摧毁了广岛和长崎这两座日本城市,迫使日本不得不无条件投降。应该说,物理学和物理学家的身影贯穿于第二次世界大战的始终,而原子弹只是最生动的一个例子。从那些用于炸坝的在水中跳跃前进的炸弹,到那些感应到船体出现便发生爆炸的水下鱼雷,第二次世界大战实际上也是一场科学的较量。

第二次世界大战让所有人,包括那些多疑的军事领导人相信,物理学是一门很重要的科学。然而,物理学的影响远远延伸到了战场之外,物理学原理几乎关系到世界的每个部分,触碰了人们生活的方方面面。飓风、闪电、汽车引擎、眼镜、摩天大厦、足球,甚至包括我们怎么走、怎么跑,所有这一切都要服从科学规律的安排。

在诸如核武器这样的话题或者有关宇宙起源的最新理论面前,物理学和我们日常生活的关系往往显得黯然失色。“我们世界中的物理”这套丛书的目标就是去探究物理学应用的各个方面,描述物理学如何影响科技、影响社会,如何帮助人们理解宇宙及其各个相互联系的组成部分的性质和行为。丛书覆盖了物理学的主要分支,包括如下主题:

- ◆ 力学与动力学
- ◆ 电学与磁学
- ◆ 时间与热动力学
- ◆ 光与光学
- ◆ 原子与材料
- ◆ 粒子与宇宙

“我们世界中的物理”丛书的每一册都阐释了有关某个主题的基本概念,然后讨论了这些概念的多种应用。虽然物理学是数学类学科,但这套丛书主要聚焦于思想的表达,而数学知识并不是重点,书中只涉及一些简单的等式。读者并不需要具备专门的数学知识,当然,对于初等代数的理解在有些时候还是很有帮助的。实际上,每一册可

以讨论的话题的数量几乎是无限的,但我们只能选取其中的一部分。令人遗憾的是,不少有趣的东西就这样不得不被省略掉。然而,丛书的每一册都涉猎了非常广泛的材料。

我曾经参加过一个讨论会,会上一位年轻学生问教授们,他是否需要备有最新版本的物理教科书。有一位教授回答说,不,因为物理学的原理“多年来一直没有改变”。这个说法大体上是对的,但这只是对物理学的效力的一个证明。物理学的另一个支撑来源于建立在这些原理之上的令人吃惊的诸多应用,这些应用仍在不断扩展和变化,其速度之快非同寻常。蒸汽机已经让位给了用在跑车和战斗机上的强大内燃机,而电话线也正在被光纤、卫星通讯和手机等取代。这套丛书的目标就是鼓励读者去发现物理学在各个方面、各个领域所起的作用,现在的、过去的以及不远的将来的……

鸣 谢

感谢我的老师,是他们尽了自己最大的努力理解包容我。感谢乔治·格斯坦(George Gerstein)、拉里·帕姆(Larry Palmer)和斯坦利·斯密特(Stanley Schmidt)博士,是他们在迷失方向的时候帮助我找到自己的路。我很感激乔迪·罗治(Jodie Rhodes)先生,是他帮助我发起了这个工程,感谢执行编辑弗兰克·达姆斯达(Frank K. Darmstadt)以及其他推动这项工程的编辑和制作人员,感谢许多为本书提供宝贵时间和见解的科学家、教育工作者和作家们。我尤其要感谢伊丽莎白·柯克兰德(Elizabeth Kirkland),她是一位有着非凡力量并能明智地运用这种力量的伟大母亲。

简介

7 000 年前,人们相信,视觉是眼睛产生的某种放射。每个人都知道眼睛是必不可少的视觉器官——眼睛受到损伤后,也会失去视觉。不过古时候的人们以为,是眼睛发出了一种射线,这种射线能够到达远处的物体,然后眼睛通过分析弹回来的辐射来产生视觉。如果视觉真的是这样工作的,那么我们所看到的東西就是我们的眼睛对环境主动探索的结果。

但事实上,视觉的工作原理不是这样。阿拉伯学者阿布·阿里-哈森·伊本·阿尔-海特罕(Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haitham) (965—1040 年)提出,是其他的物体发出的辐射被眼睛接收到。这些放射中,有的直穿过眼睛,这样眼睛就能看到放射源;而有的射线经过不能发出射线的物体到达眼睛,这样眼睛也能够看到这些物体了。他的观点是正确的。这种辐射就叫做光,它的最主要源头就是太阳。光是视觉的信使,而眼睛就是探测光的精密仪器。

光在视觉形成中的重要作用激发了科学家对光辐射,也就是电磁辐射的研究和实验。光学是对光,以及依靠光工作的器械和工具的研究。但是可视光只是光辐射的很小一部分。虽然光和光学仪器(比如显微镜和望远镜等)是光学研究的重要对象,但是却远远不能涵盖所有的研究主题。《光与光学》一书从物理学的角度探索电磁辐射科学以及它广阔的应用。第 2 章中的成像光学是核心部分。在本书中也讨论了激光所产生的强光束,光在生物过程中的角色,比如光合作用;光在医学中的应用,比如激光手术;以及光在基于各种射线的天文观察中的应用,还有在通讯、雷达等把光转换为电流等方面的应用。

对光的科学理解让我们能够矫正视觉,还让我们能够看到裸眼观察不到的很小和很远的物体。这些仪器依据光学原理工作,比如显微镜、望远镜和人眼。然而,即使有了这些进步,我们仍然有很多未解之谜。光的本性困扰了科学家几个世纪。每当人们以为找到了它的本性的时候,它就会有一些出乎意料的行为。有些时候,光就像能量场的振荡,以不同的频率振动。有些时候,光就像由粒子组成的粒子流。波和粒子的行为是截然不同的,却奇妙地在光的身上同时反映了出来。将来的研究是否能够解开

这个谜,或者加深我们对这个谜的理解,现在还无从得知。

移动电话和 X 光仪器使用的电磁辐射和可视光的振荡频率不同。X 光仪器的辐射比光的振荡率高很多,而移动电话比光的振荡率要低。虽然所有的电磁辐射都有很多共性,但是微妙的差异却至关重要。正是这些微妙的差异,使得光能够有多种变化的应用。不同的电磁辐射对于我们认识宇宙也至关重要。

光有能量,而且这种能量在地球上建立了丰功伟绩。太阳能是地球上所有生命的基础,因为植物就是用这种光产生了哺育整个世界的食物。当被聚集成很细的激光束,光能够切割、灼烧,甚至能够推动太空飞船。光能和其他的辐射能够完成非常多的事情,而人们的认识才刚刚起步。今天,虽然我们的仪器和技术已经获得很大的成功,但是我们相信未来会更加卓越。

今天,甚至古时候人们对视觉的天真想法也得以变成现实,在光和其他辐射的应用中得以实践。虽然眼睛不能够发出射线(这种想法本身是错误的),但是人们却可以设计这样的仪器,通过发出射线来扩大视线,来观察远处的飞机,来监测超速行驶的驾驶员。光与光学的科技融会了新旧的思想,以各种独特甚至奇异的方式,来帮助人们看得更远、更好。

目 录

前言	1
鸣谢	1
简介	1
1 光——照耀宇宙	1
光与电磁光谱	2
频率和波长	4
波和粒子	4
太阳辐射	8
来自星星的光	9
吸收和放射光谱	11
红移和不断膨胀的宇宙	13
多普勒效应	14
2 光学 呈现万物	16
透镜和反射镜	16
反射和折射律	20
人的视觉	23
三维:立体视觉	25
校正视觉误差	27
海市蜃楼和幻觉	29
显微镜和望远镜	31
照相机和摄影	35

3 色彩	38
色彩的视觉	38
波长与色彩	40
彩虹	42
天蓝蓝,夕阳红	43
浮油和肥皂泡	44
彩色打印	45
4 激光	47
测量到月球的距离	47
受激辐射发射的光放大	50
光盘(CD)和数字化视频光盘(DVD)中使用的激光器	52
纤维光学	54
全息摄影术	56
星球大战:战略防御计划	58
乘坐激光旅行	61
5 光为生命体和医疗带来的帮助	63
暗处的光亮	63
荧光素酶:一种促进发光的酶	65
将光转化为食物	66
生物钟与光	67
在黑暗中寻找猎物	68
激光外科手术	69
透过皮肤观察	70
光在未来医疗中的应用	71
6 电磁辐射与宇宙	73
无线电波	73
射电天文学——通过无线电波观察宇宙	74

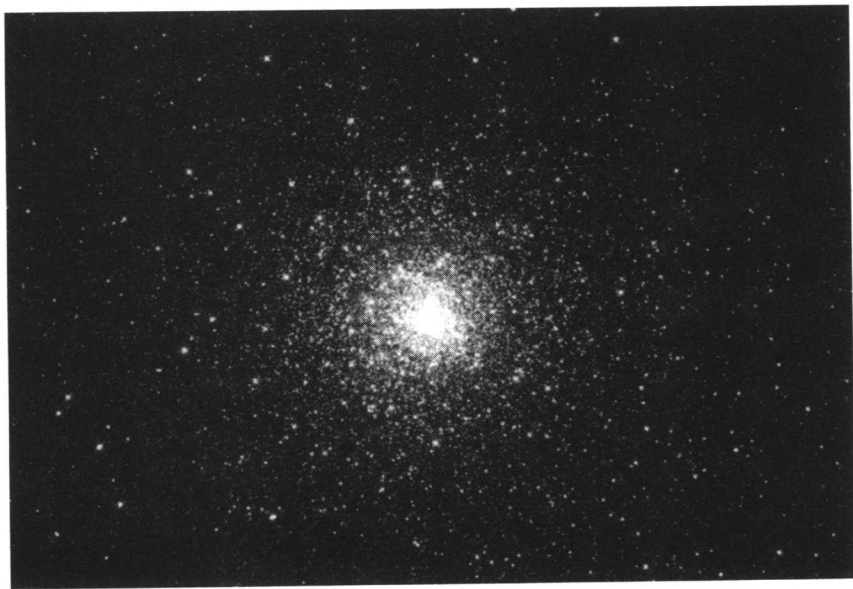
微波	78
红外线和紫外线	80
X 射线和伽马射线	82
7 电磁辐射与通讯	85
天线和广播	86
麦斯韦尔方程	87
广播和电视	89
移动电话	92
8 扩展可视域	95
在光线下寻找	95
用雷达发现可疑物体并跟踪	98
横波与偏振现象	100
太赫兹“穿墙眼”	103
9 来自太阳的能量	104
捕捉太阳的能量	104
太阳能太空船和探测仪	106
结语	108
国际单位制及其转换	110
译者感言	113

1 光

——照耀宇宙

银河系是由 3 000 亿颗恒星组成的,但是有颗星星对于人类的重要性超过了其他星星。太阳,是银河系中一颗很普通的恒星,它光照着地球的天空,这是因为比起其他所有的星星,太阳和地球的距离是最近的。

地球以平均 9 300 万英里(1.49 亿千米)的距离绕着太阳旋转,而距离地球第二近



由哈勃望远镜拍摄到的这个星团,只包含了银河系中的几十亿颗恒星。
(NASA/AURA/STScI)

的半人马座阿尔法星却有 25 万亿英里(40 万亿千米)之远,这也比地球和太阳之间的距离远了 27 万倍。(半人马座阿尔法星其实是由 3 颗星组成的——一个三星体系)。太阳光对这个地球上所有的生命来说都不可或缺。

这一章描述光的本质,重点描述光的天文来源。物理光学对几乎所有的人类活动都有着重大影响,从生物到技术,即使有些少量的星星能观测到(在条件极佳的情况下,也只有几千颗星星能用肉眼观测到),天文光已经改变了科学以及人们看待自己和世界的方式。物理光学和天文学也揭示了许多关于地球的奥秘——比如说,地球上存在的氦元素最先却是在太阳上发现的!科学家们只是在太阳上发现了氦元素之后才在地球上发现了它。

光一直以来都是既神秘又重要。早期文化将光和火联系在一起,并且觉得太阳和星星就像火焰一样燃烧。现在,科学家们对光看起来是什么样子已经有了很好的了解。“看起来”这个词应该适合用在这,因为光仍然是充满神秘的——光既可以像粒子一样,也可以像波一样运动,即使粒子和波是不同的。但是有一点科学家们可以肯定的是,光是一种电磁放射物。

光与电磁光谱

电磁放射物是由变化着的穿越空间的电场和磁场构成的。“场”是物理学家们用来描述一种物质所发生的作用的方式。电荷产生了一种电力,这种电力影响了周围空间中的其他带电物体,所以物理学家们就说到空间中存在着一种电场。这种原理同样适用于磁性和磁场。场存在于空间中并且作用于其他物体。电磁放射物这个术语的重要之处在于变化着的电场和磁场相互作用,我们把这个过程称之为电磁感应。

电场和磁场经常相互产生:随着时间变化的电场能产生磁场,随着时间变化的磁场能产生电场。这些场相互作用而产生,一个场产生另一个场,接着另一个又反过来产生了原先的那个场。这就是我们所知的电磁放射物或者是电磁波。

虽然光看起来和电或者是磁没有关系,实际上它和两者是紧密联系的。在 19 世纪,苏格兰物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦(James Clerk Maxwell, 1831—1879 年)得出了表示电磁现象的基本公式,这一公式将在本书的第 7 章涉及。并且他提出一个理论,即光是一种电磁放射物。麦克斯韦的理论在几年后得到了在实验室里研究电磁放射物的德国物理学家海因里希·赫兹(Heinrich Hertz, 1857—1894 年)的支持。光是电磁放射物的一种表现形式。

光如此重要的一个原因在于它是人的视觉所必需的。视觉是人类主要的感觉,它构成了大脑活动能力的大部分。人类大脑的绝大部分的复杂功能是在被称作大脑皮层的区域进行的(大脑表面的一组细胞层),而且人类大脑一半的大脑皮层在某种意义上和视觉有关。

只有眼睛对光敏感时,视觉才成为可能。2 000 年前,人们相信眼睛之所以能看见是因为眼睛自己能产生光,但是这是不对的。眼睛接受光,但是它们并不产生光。所有能产生光的物体,比如说太阳或者是电灯泡,都是可见的,因为它们所产生的光为眼睛所捕获。任何不发光的物体,比如说这本书,只有在反射光的情况下才能被看见。

由于光的传播速度如此之快,人们过去以为光可以瞬间从一个地方传播到另一个地方——换句话说就是,他们认为光速是无限的。但是光却有明确的速度,它比“无限”快要慢多了。在真空中,光以 18.62 万英里/秒(30 万千米/秒)的速度传播,在地球大气层中海平面的光速要稍微慢一些,大约 18.61 万英里/秒。

这个速度在密度更大的物体里将更加减慢。这速度是出奇的快,这也正好可以解释为什么光穿过一条街道或者是从一个房间到另一个房间,看起来根本不用时间。但是这个过程并不是瞬间的。光从太阳到达地球需要 8 分钟的时间,从半人马座阿尔法星到地球则需要 4.3 年。

电磁放射物形成了一个光谱,——这又需多种形式。如下图所示,区分这些光谱形式的根本在于这些射线的频率。频率是衡量一个周期性事件随着时间变化的次数的尺度。振动,或者波,在一秒内都能经历几个周期,因此这些周期的频率被称作赫兹。

1 赫兹就是 1 秒内一个振动的完整周期。可见光也是一种电磁放射物,它有很高的频率,因为它的电场和磁场都在 425 000 000 000 000 赫兹到 750 000 000 000 000 赫兹的范围内变化。

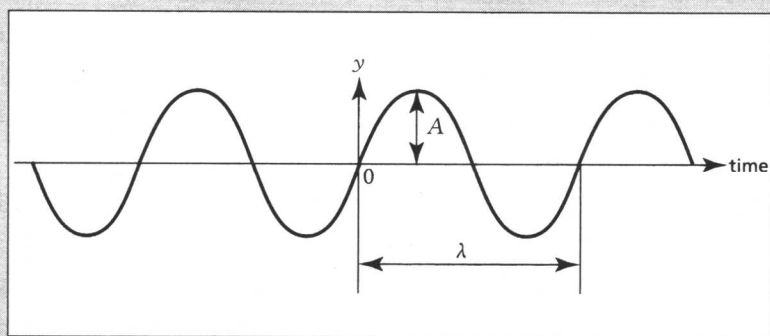
其他类型的电磁放射物包括了无线电波、微波、红外线、紫外线、X-射线和 γ 射线。这些频率范围从低速振动的 50 000 赫兹的无线电波到高频率的 3×10^{25} 赫兹或者更高的 γ 射线(比光的频率高出万亿倍的频率)。这些类型的射线将在第 6 章中涉及。

电磁放射物由随时间变化、穿越空间的电场和磁场构成,但是,是什么首先产生了这些场呢?一种方法就是使电荷加速运动。这其实只是电荷运动的结果:当电荷的速度发生变化,它们就放射出射线。比如说,这些奇怪的射线有时候能在极北和极南纬度的上空见到,它们是由穿越空间时被地球磁场作用后的电荷发出的(在北半球,这些光被称为北极光,在南半球叫南极光)。当原子中的电子(带负电荷)改变位置,或者是当白炽灯中的电流通过炽热的细灯丝时,光就产生了。

知识窗

频率和波长

有规律发生的事件,比如说落地钟钟摆的来回摆动,每次总是相同的周期。对于一个钟摆来说,这个周期指的就是相对于中心点的左右摆动。对于光和其他的电磁光谱来说,周期指的是随着时间磁场和电场的相互转化。随着时间发生的转化可以画成波的形式,如下图所示。在这幅图里,摆动的大小叫作振幅。电磁辐射以随着时间变化的电场和磁场传播,这些场总是处于振动之中。这种振动的频率表示的是一秒钟的振动次数,这种振动频率被称作赫兹,它是以德国物理学家海因里希·赫兹的名字命名的。



这个振动构成了一个简单的波,振幅是 A , 波长是 λ 。

如上所述,特别是频率和波长这些专业术语,将很自然地使人觉得光就是一种波。光的研究有着悠久的历史,这其中,有些时候绝大部分科学家们觉得光是由粒子组成,有些时候科学家们又觉得光是由波组成。或许关于光的最奇怪的科学事实在于,今天绝大部分的科学家认为光是由或者可能是由两者构成的。

波和粒子

英国科学家艾萨克·牛顿爵士(Isaac Newton, 1642—1727 年)认为光是由沿着直线高速运动的粒子组成的。虽然荷兰科学家里斯蒂安·惠更斯(Christiaan