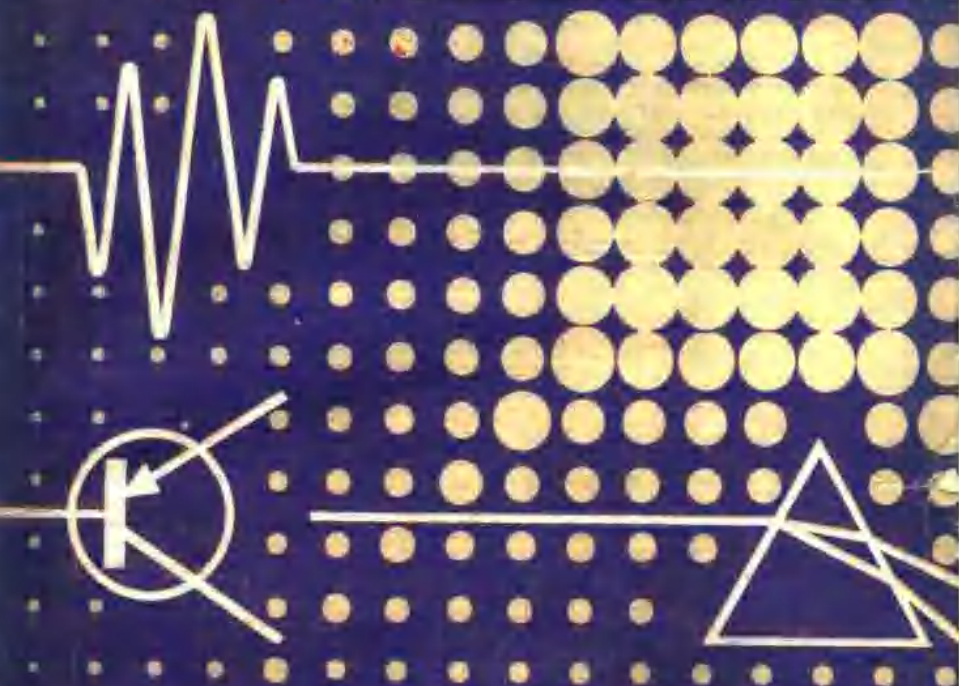


物理知识丛书

WULIZHISHICONGSHU



“光”的秘密

国内生产总值

物理知识丛书

光的秘密

张兵临 李文庠

河南人民出版社

责任编辑 马文翰

物理知识丛书

光的秘密

张兵临 李文序

河南人民出版社出版

郑州晚报印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 32开 4.125印张 78千字

1980年11月第1版 1980年11月第1次印刷

印数1—3,000册

统一书号7103·134 定价0.33元

内 容 提 要

《光的秘密》是以具有中学文化程度的广大青少年为主要读者对象的科普读物。这本书以通俗的语言，生动的事例，形象地介绍了光的本性、光的产生、光的传播以及光的应用等光的基础知识。对广大青少年来说，它是一本很好的课外读物，也可供广大工农兵阅读。

新 书 预 告

待揭之谜	周国兴 周文斌编
世界之最（地理）	杜勇泉编
世界之最（人、生物、植物）	潘云唐编
高分子世界	杨惠昌编
电的知识	刘寿昕编
遥感技术	王德甫编
通向宇宙的道路	沈国良编

以上各书即将出版

引 言

我们的地球被打扮得五颜六色，登高望远——青山碧水，绿树红墙；抬头仰望——蓝天红日，彩霞万道。是谁挥笔作画，是谁精心修饰，是光。你看，春天的万紫千红，夏季的郁郁葱葱，秋日的遍地金黄，严冬的冰雪皑皑……光，把壮丽的山河装饰得多么美丽！

蔚蓝的天空，白云朵朵；霎时乌云滚滚，暴风骤雨铺天盖地而来，天地昏黄；雨后初晴，斜阳造彩虹又是多么美丽壮观。所有这一切的一切都是自然界的光现象，原来光还是一位天才的“魔术师”。

光在我们周围，光是我们亲密的朋友。拿太阳来说，它是一切生命的源泉。因为有了阳光的作用，才有刮风、下雨、落雪、江河奔流的自然景象，才有风力和水力。只有在阳光使植物里的叶绿素发生光合作用，才有可能把水、二氧化碳、无机盐等物质变为淀粉、脂肪和蛋白质，供植物生长需要，人们才有可能得到赖以生存的粮食、蔬菜和瓜果。

太阳是一个巨大无比的能源，地球上的任何能源在太阳面前都是无法比拟的。太阳三天照射在地球陆地表面的能量等于地球上蕴藏的化石能源——煤和石油的总能量。太阳慷

概无私，它每时每刻都向外辐射着巨量的光和热，太阳每秒钟向地球发出178万亿千瓦的能量，它给予了人们光明和温暖。

太阳光只是和我们关系最密切的一种天然光源，和人类戚戚相关的还有许许多多其他种类的人造光源。夜色深沉，人们并不因此而惧怕，这是因为人类早就掌握了人造光源的本领：原始社会有火炬松明，如今有繁花似锦的各种灯光，人们早已战胜了黑暗。

光，使我们看到了世界万物。人之所以能够看到宇宙万物，是由于光的作用。在那漆黑的深夜里，因为很少有光线进入到我们的眼睛里，当然很难看见东西而伸手不见五指。没有光，人就变成睁眼瞎。利用光的性质，人们制做了各式各样的光学仪器，这就使人的眼界大开。举凡太空之巨，细菌之微，无不在视网之内。

光为我们做了数不清的好事。光是一位妙手回春的“医生”，X光透视、激光针灸、紫外线杀菌、红外理疗……光学医疗丰富了医学宝库。随着历史的进展，光谱分析、光学通讯、光控和激光技术的出现，对人类将起着越来越大的作用。在伟大的祖国向四个现代化进军的长征中，光将是一名出色尽职的战斗员。

光的行踪遍及全宇，光的应用十分广泛。可是，光到底是什么呢？这本小册子，将向大家介绍有关光的一些基本特性、光传播的一些规律、光的多方面应用和它的宽广前景。

光学涉及的问题万万千千，光学的未来的高峰风光无限，让我们去探讨，去攀登吧。

目 录

引言	(1)
光是什么?	(1)
在光学的历史长河中	(1)
争夺光学王冠之战	(3)
波粒二重性	(9)
光是怎样发出来的?	(11)
光源一家	(11)
原子内部的信息	(14)
一位高超的艺术家	(22)
揭开五颜六色的秘密	(23)
颜料之谜	(25)
光变的魔术	(28)
日食和月食	(28)
“反光”的由来	(30)
鱼叉为啥叉空了	(33)
光的干涉现象	(38)
火山爆发和日晕	(42)
变幻无穷的天空	(45)
蓝色的海洋	(48)

看不见的光线	(50)
红外遥感	(50)
紫外线杀菌术	(54)
X光	(57)
γ射线	(60)
光谱分析	(62)
光和电的接力跑	(70)
光电池	(70)
电视和可视电话	(76)
光学仪器	(81)
宝贵的眼睛	(81)
水中沉月——谈面镜	(90)
千里眼	(96)
揭开细菌的秘密	(107)
光纤通讯	(112)
光学纤维	(112)
银丝连千里	(115)
光之娇子——激光	(117)
人造奇光	(117)
多才多艺	(120)
前程无限	(123)

光 是 什 么？

在光学的历史长河中

光学是物理学的一个分科，是一门专门研究光的科学。光学具有着悠久的历史。光学的历史长河，由几千年前的涓涓之水，经过世界各国人民的劳动和智慧，已经发展成汹涌澎湃的巨流。光学已经发展成为一支比较完善系统的科学。

中华民族是具有悠久文化历史的伟大民族。中国是世界上文明发达最早的国家之一。几千年来，我国各族人民用汗水和心血创造了灿烂的科学文化，曾长期领先于世界各国。在光学的历史长河中，追根溯源，我国的劳动人民对许多光学现象的正确认识，从时间上说，都可以堪称为世界之“最”。

远在50万年以前，居住在北京的猿人，就懂得了天然取火。大约在几万年以前，我们的祖先就开始了钻木取火。在2700年以前，我国就有了烽火台，利用火光报警。

公元前五世纪，即战国时期，我国的劳动人民就懂得了“阳燧”取火。我国古代杰出的科学家墨翟和他的学生，就

对凹面镜成象进行了深入研究，并且在他的《墨经》中，在世界上首次提出了光沿直线传播的观点，记载了有关小孔成象和平面镜、凹面镜、凸透镜成象的观察方法，系统论述了光和影的关系。

到了东汉时期，著名的科学家张衡在他所著的《灵宪》一书中，正确解释了月食的生成原理。王符也明确地指出人眼之所以能看见物体，是因为物体受到了光线照射的缘故。西汉年代，我国对潜望镜已经有了原始的记载。唐代的孔颖达、张志和都成功地说明了虹的成因，当时社会上已有“雨色映日而为虹”的说法了。北宋时期，大科学家沈括所著的《梦溪笔谈》中，对小孔成象、球面镜成象的性质和位置，对虹、月食和月的盈亏等现象的阐述，更为详尽。《梦溪笔谈》中，对凹面镜焦点的明确描述，也是世界上最早的记载。明末清初，方以智在《物理小识》卷一中正确解释了大气的折射现象。清初的民间光学仪器制造家孙云球，曾制成了放大镜、显微镜等几十种光学仪器，并著有《镜史》一书。清代科学家黄履庄制造的瑞光镜，口径五六尺，夜间以一灯照之，光射数里，近似于现代的探照灯，他制造的千里镜是现代照相机的前身。邹伯奇在《墨经》和《梦溪笔谈》中有关光学论述的基础上，进一步用数学方法表述了各种光学仪器的基本原理。

应该指出的是：《墨经》对光的记述要比古希腊的欧几里德的记载早100多年。英国的培根用金属磨成凹面镜，更比我国“淮南子”时代晚了1300多年，摩根发现凹面镜的焦点

位置，也比沈括晚了200年。俄国人在1779年开始制成探照灯，也比我国清代黄履庄晚了100年，所以说，在光学历史上，我们的祖先有着不可磨灭的功勋。

争夺光学王冠之战

光究竟是什么东西，它有什么性质，它又是怎样传播的呢？几千年来人们一直不断地探讨它的奥妙。

早在17世纪末叶，世界上几乎是同时产生了两种关于光的本性的学说：一种叫光的微粒说，提出这种学说的是经典物理学家的创始人——英国科学家牛顿；另一种学说叫光的波动说，它是由荷兰的物理学家惠更斯提出来的。这两种学说在当时是势均力敌，它们互相争夺光学的王冠，形成光学史上长期的两军对垒。

光的微粒说认为：光是由发光体上发射出来的一种很小的弹性粒子流，这些组成光的弹性微粒，在均匀的媒质中以一定的速度沿直线传播。这个学说，对当时那个时代所能够认识到的许多光现象，都给予了圆满的解释，比如对于光的反射现象和折射现象都作了解释。光的波动说认为：发光体在它周围的空間里会引起弹性振动，光就是这种振动在空间的传播所形成的波——光波；光波的传播速度就是光的速度。在均匀的介质中，波动是以一定的速度传播的，而在不同介质的分界面上，波就可以反射和折射。光的波动说，同样能够解释当时所发现的一些光现象——光的直线传播，光

的反射和折射。

光的微粒说和光的波动说尽管各抒己见，却都可以解释一些相同的光现象；不过他们的假设点和解释问题的角度不同，非但不同，而且互相对立。当时，由于科学技术还比较落后，人们一时无法判断他们谁是谁非。可是因为微粒说简单直观，能够自然地说出光的直进现象，容易被人们接受，再加上牛顿素孚众望，所以微粒说夺取了王冠，从而对光学统治了一百多年。

100多年过去了，科学技术的发展使人们有可能发现出更多的一些光现象。1802年一位外国科学家托马斯·杨在他的双缝实验中，证明了来自两个狭缝的光，叠加后能产生明暗相间的条纹。后来人们把这种现象叫做光的干涉现象。对于光的干涉现象，微粒说根本无法解释；波动说却可以圆满地解释光的干涉现象。尤其是当1862年傅科测定了光在水中的传播速度，是在空气中的四分之三。这一事实，给了微粒说以沉重打击。按照微粒说的推论，光在水中的传播速度大于在空气中的传播速度；波动说的推论恰好相反，认为光在水中的传播速度小于在空气中的传播速度。傅科的实验使微粒说不能自圆其说，而和波动说的推论完全一致。因此19世纪，在光学的宝坛上，微粒说不得不摘下王冠而让位给波动说了。

谁知好景不长，波动说自己给自己设下了无法前进的障碍。大家知道，一切由机械振动所产生的弹性波，象水波和声波一样，都必须凭借某一种介质去传播。如果没有水，水

波怎么会产生呢？在真空中声音也是无法传播。光的波动说既然明确地说出：光波是由弹性振动引起的，那么光波究竟凭借一种什么样介质传播的呢？

波动说的论者们认为光是在一种叫做“以太”的弹性介质中传播的。“以太”是什么呢？论者们说：因为光是无孔不入的，光不仅能在空气、水以及一切透明物质中通过，还能在没有分子原子的真空中畅通无阻，所以“以太”弥漫着整个宇宙空间。人们为什么感觉不到“以太”在我们周围存在呢？波动说认为，“以太”的密度非常小，稀薄到不能被人觉察到的程度。“以太”还有一个特征，那就是它的切变弹性模量比钢还要大。波动说认为只要有“以太”存在，波动说就可以保住王位，于是许多人在为发现和寻找“以太”上做了大量的工作，但无不以失败而告终。后来人们终于认识到，这种神秘的“以太”本来是超越现实的，既难以想象，在理论上也是矛盾百出。因为一方面说，“以太”非常稀薄，密度小到人们根本觉察不出来；另一方面又说，光在真空或空气中传播速度每秒达三十万公里之多，若用这个数据去计算，“以太”的密度又比钢还大，这不是自相矛盾吗？人们在这么坚硬的“以太”中生活，怎么受得了。这么坚硬的东西，既不易被人发觉，又使运动着的物体不受阻力，又怎么可能呢？由于“以太”的虚无性，使波动说站不住脚了。

19世纪70年代，英国物理学家麦克斯韦，根据他对电磁现象的研究，提出了光的电磁学说。

光的电磁说指出，光现象实质上是一种电磁现象，光波

本身就是一种频率很大的电磁波。大家知道，电磁波是变化的电场和磁场在空间的传播，而电场和磁场都是物质，所以光的电磁说揭露了光的物质性。因为电磁波的传播根本无须凭借什么弹性介质，当然“以太”的概念就可以抛弃了。光的电磁说从本质上证明了光与电磁现象的统一性，为一切自然现象都不是孤立静止地存在着，而是相互联系着的这一辩证唯物主义普遍原理提供了有力的证据。这个学说的问世，使人们对光的本性的认识大大提高了一步。

按照光的电磁学说，把电磁波从频率最小的无线电波起，到频率最大的宇宙射线止，按频率大小的次序排列，就组成了电磁波谱，如下表所示。

各种电磁波的频率和波长

电磁波种类	频率 (赫兹)	在真空中的波长 (厘米)
无线电波	$10^5 \sim 3.0 \times 10^{12}$	$3.0 \times 10^5 \sim 10^{-2}$
红外线	$10^{12} \sim 3.9 \times 10^{14}$	$3.0 \times 10^{-2} \sim 7.7 \times 10^{-5}$
可见光	$3.9 \times 10^{14} \sim 7.5 \times 10^{14}$	$7.7 \times 10^{-5} \sim 4.0 \times 10^{-5}$
紫外线	$7.5 \times 10^{14} \sim 5.0 \times 10^{16}$	$4.0 \times 10^{-5} \sim 6.0 \times 10^{-7}$
x 射线	$3.0 \times 10^{16} \sim 3.0 \times 10^{19}$	$10^{-7} \sim 10^{-9}$
γ 射线	$3.0 \times 10^{19} \sim 3.0 \times 10^{21}$	$10^{-9} \sim 10^{-11}$
宇宙射线	3.0×10^{21} 以上	10^{-11} 以下

过了不长的时间，1887年德国的赫兹发现了用紫外线或X光照射金属板时，金属板上有电子放出来（图1）。人们把这种现象叫做光电效应，放出来的电子叫做光电子。人们详细地研究了光电效应后指出：对于某一种金属，只有当光的频率大于一定数值时，才有光电子从金属表面发射出来；如果光的频率达不到这个数值时，不论光的强度多大，照射的时间多长，都不会发生光电效应。光的强度只影响放出来的电子数目，金属被光照射时所放出来的电子的速度，只跟光的频率有关，而与光的强度无关。

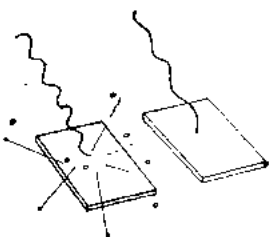


图1 光电效应

光电效应的发现和应用，使光的电磁说陷入了困境。因为根据光的电磁理论，光的强度应该与光波的振幅有关，而与光波的频率大小无关。照这个逻辑推理，光的强度越大，光波的振幅越大，而光波对金属中自由电子引起的受迫振动的振幅也就越大，所以光电子飞出来的速度理所应当地也就越大。可是这个推理和光电现象的实验结果很不合拍。

1905年德国科学家爱因斯坦，提出了关于光本性的一个新理论——光子说。光子说指出：物体所发出的光是由组成这种物体的分子或原子所发射的。它并不是连续不断的波，而是单个的物质微粒，这些粒子被称之为光子或光量子。光子也是一种基本粒子，它具有质量（但静止质量为零）、动量和能量，它具有微粒和波动二重性。换句话说，它是波粒

二重性的统一体。光子的能量大小只与光的频率成正比，频率越高，能量越大，即：

$$E = h\nu$$

式中 E 为光子的能量， ν 为光的频率， h 为普朗克常数，它的数值等于 6.62×10^{-27} 尔格·秒。

用光子说，可以轻而易举地解释光电效应。当具有能量为 $h\nu$ 的光子射到金属表面的时候，会被金属表面的自由电子吸收。一个电子大体上只能吸收一个光子。只有当光子具有的能量足够大（即频率足够高），当金属中的自由电子吸收了这个光子后，具有了足够的能量，才能克服金属对它的束缚而脱离金属。在这个条件下光的强度越大，则在单位时间内射到金属上的光子数越多，相应地金属放出的光电子数目也越多。反之，若光子能量不够大（即频率不够高），致使金属中的自由电子，吸收了这个光子以后仍不足以摆脱金属对这个电子的束缚，那么，无论光的强度多么大，也不会出现光电子。在光电效应中，当电子吸收光子后，其能量一部分用于使电子放出时所需要的脱出功 W （克服金属对电子的束缚所做的功），一部分转化为电子的动能 $\frac{1}{2}mv^2$ （ m 为光电子的质量， v 为光电子的速度），即：

$$h\nu = W + \frac{1}{2}mv^2$$

对某种给定金属而言，电子的脱出功 W 为一定值。因此从上式可以看出：只有当 $h\nu \geq W$ 时，才可能发生光电效应。