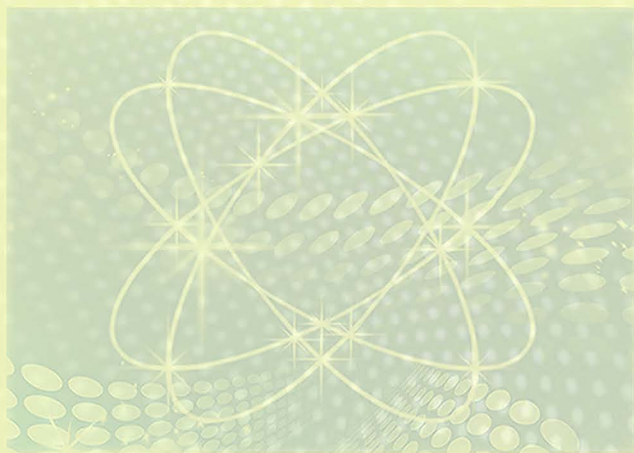


发光及其应用

徐叙瑗 楼立人 著



湖南教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

发光及其应用/徐叙琰, 楼立人著.

—2 版. —长沙: 湖南教育出版社, 2014.4

(科学家谈物理/赵凯华主编)

ISBN 978—7—5355—2131—6

I. ①发… II. ①徐… ②楼… III. ①发光学—普及读物 IV. ①0482.31—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 072909 号

丛 书 名	科学家谈物理
书 名	发光及其应用
作 者	徐叙琰 楼立人 著
责任编辑	李章书
责任校对	崔俊辉
出版发行	湖南教育出版社出版发行 (长沙市韶山北路 443 号)
网 址	http://www.hneph.com http://www.shoulai.cn
电子邮箱	228411705@qq.com
客 服	电话 0731—85486742 QQ 228411705
经 销	湖南省新华书店
印 刷	长沙超峰印刷有限公司
开 本	710×1000 16 开
印 张	10
字 数	112 000
版 次	1994 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 2 版第 1 次印刷
书 号	ISBN 978—7—5355—2131—6
定 价	20.00 元

主 编 赵凯华

副主编 王殖东

编 委 (按姓氏笔画)

王殖东 冯 端 孙汉城 刘书声

沈克琦 陆 埏 李国栋 吕如榆

张元仲 宓子宏 赵凯华 聂玉昕

唐孝威 谭清莲

本书责任编辑 王殖东

科学技术的发展，改变着人们的意识，改变着国家的战略，更加速了世界各国综合国力的激烈竞争。

全球性科学技术的竞争，实质上是人才的竞争。我们的国家，学校每年在校人数逾两亿，他们都是 21 世纪的主人，这些人的文化科学素养，标志着国家未来的盛衰强弱，标志着我国在世界之林的竞争能力，尽多尽快地培养科技人才，是时代的当务之急。自 17 世纪以来，物理学一直为自然科学的领头学科，推动着各学科的发展，诱发出许多交叉分支学科和技术领域。物理学作为一门基础学科，又总是向人类智慧提出一些最深刻的挑战。因此，向青少年介绍一些现代物理前沿科学、物理学思想，将有利于青少年开阔眼界、诱发思维、启迪心智，有利于吸引和培养优秀的青少年从了解科学到热爱科学，早日选定自己的志趣从而献身科学。有鉴于此，中国物理学会在 1991 年第五次全国会员代表大会期间，由中国物理学会和湖南教育出版社共同主持，正式成立了《科学家谈物理》编委会，讨论并制定了丛书宗旨、编写目的、编写原则和编写计划。

丛书内容包括物理学新知识博采、物理学新领域探奇、物理学重大发现觅踪、物理学佯谬的启示、著名物理学家成才轨迹等。作者将以严谨的科学内容、活泼的物理思想、通俗流畅的文字表述，为广大青少年提供一套优秀的科普读物。

经过四年的努力，作者和编者，殚精竭虑，丛书终于与广大读者见面了。本丛书的编辑出版，得到“国家杰出贡献科学家”钱学森的关怀和指导；中国科协主席、中国工程院院长、著名科学家朱光亚和国家教委副主任柳斌在百忙中为丛书作序；中国老一辈著名科学家严济慈、谢希德、王淦昌、钱三强，中国科学院院长、中国科学院院士周光召，中国物理学会理事长、中国科学院院士冯端为丛书题词，寄托了他们对新一代科技人才成长的殷切希望；中国物理学会、中国科学院物理研究所给予了大力支持，中国物理学会副秘书长程义慧做了大量工作，在此一并表示衷心感谢。本丛书作者都是卓有成就的学者，对他们从繁忙的教学、科研和社会工作中挤出时间，花费大量精力，满腔热情来撰写这套科普读物的精神表示敬佩。

古今中外有不少的名人、专家、学者，就是因为青少年时代受过一些优秀科普读物的熏陶、感染，从而早日选定了自己的志向，终生为之奋斗，终于功成名就，为后世留下可歌业迹。倘若读者能从这套丛书得到启示，在若干年后出现这样的成果，我们将感到无限欣慰。

《科学家谈物理》编委会

1992年9月

序一

朱光亚^{*}

中国物理学会主编、湖南教育出版社出版《科学家谈物理》丛书，是一件很有意义的工作。半个世纪，特别是近二三十年来，物理学从亚核世界到整个宇宙广阔领域的探索研究，又取得了惊人的进展和成就。物理学在理论方法和实验技术上的新突破，使它同数学、生物学、化学、材料科学等邻近学科的结合与相互作用更密切了，促进了许多边缘、交叉学科以及高新技术与产业的诞生与迅速发展，出现了步伐越来越快的新的技术革命。这一切不仅广泛而深刻地丰富了人们对自然界规律的认识，并预示下世纪将会出现新的重大突破，而且已使人们的社会生活在短短的几十年间发生了从前难以想象的变化。

当然也应当看到，这种变化还只限于一部分发达国家和地区，而且变化的程度是很不平衡的。全人类的社会进步并不是仅由科学技术的进步所能决定的。我们面对的仍是一个充满矛盾和激烈竞争的世界。即使是自然科学基础之一的物理学的重大发现，例如 20 世纪 30 年代关于铀核裂变现象的发现，揭示了人类有可能从自然界获取一种巨大新能源的美好前景，然而它却不幸地被首先用于军事和争霸，带来了

^{*} 朱光亚：中国科学院院士，著名科学家，中国科协主席，中国工程院院长、院士。

危及人类生存安全的严重威胁。

由我国一批著名科学家撰写专文，向广大读者介绍物理学思想、物理学发展，特别是近代和现代物理学发展，让大家获得新知识，增加对物理学各分支学科的主要内容及其作用和影响的认识和理解，激励大家为追求美好未来而努力奋斗，无疑是非常有益的。

《科学家谈物理》丛书侧重以广大青少年读者为对象，这又有特殊意义。人类社会正在动荡和不安中准备迎接世纪之交，国际上的种种竞争，关键是科学技术的竞争，进一步说又在于培养科技人才上的竞争。“科技增强国力，青年开创未来”，下一世纪在我国科技领域承担开拓前进重任的，只能是当前正在学习的青少年一代。种种事实，包括近年来我国中学生参加国际数学、物理学、化学、信息学奥林匹克竞赛不断取得优异成绩，表明我国青少年聪明勤奋，是大有希望的一代。青少年处在长知识、增才干的时期，既要努力学习，又要善于学习，勤于思考，重视实践，勇于探索，并注意拓宽知识面。希望《科学家谈物理》丛书能对献身科学、立志攀登高峰、振兴中华、实现祖国四化的青少年朋友们的茁壮成长有所帮助。

1992年7月27日

序二

柳斌*

自然科学是生产实践和科学实验经验的总结，是人类征服自然、改造社会的有力武器。物理学则是自然科学中一门重要的基础学科。

17 世纪前后物理学发生了一次巨大的飞跃。以牛顿为代表的一批科学家用观察和实验的方法研究自然现象，他们建立了以经典力学、热力学、统计物理学、经典电动力学为基础的一个完整并严密的经典物理学的理论体系。这个理论体系的建立，大大扩展了人类对客观世界物质结构及其运动规律的认识，在科学技术领域和哲学领域均产生了划时代的影响，推动了自然科学和工业革命的迅猛前进。

19 世纪末 20 世纪初，物理学再一次发生巨大飞跃。以爱因斯坦为首的一批卓越的物理学家创立了相对论、量子力学，为现代物理学奠定了坚实的理论基础。现代物理学克服了经典物理学形而上学的局限。相对论揭示了物体在高速（接近光速）运动状态下的各种规律；量子力学打开了微观世界的大门，发现了微观物质运动的规律。现代物理学在更深的物质结构层次和更广阔的时空领域内扩展了人类对自然界的认识，揭开了伟大的现代自然科学革命的序幕。

在现代物理学的基础上，原子能、电子计算机、新型材料、空间

* 柳斌：国家教委副主任

技术、海洋开发等新技术相继产生，新技术革命蓬勃兴起。

现代科学技术的发展是现代经济发展的基础和前提条件。当前世界各国为了争夺 21 世纪在世界上的有利地位，无不把发展现代科学技术作为战略重点。我国人民长期以来遭受帝国主义的侵略和剥削，近百年来沦于贫穷落后的殖民地半殖民地地位。为了迅速缩小我国与发达国家在经济上的差距，为了把我国建设成为一个社会主义的现代化强国，中国人民在中国共产党的领导下，奋斗了七十多年。积正反两个方面的经验，我们深知，人民大众在取得政权以后，必须大力改革各种束缚生产发展的政策、法令、规章、条例以及各种不合理的管理制度，以更大解放生产力；必须高度重视科学技术工作和教育工作，尊重知识、尊重人才，以更快地发展生产力。1983 年，邓小平同志为北京景山学校题词：“面向现代化，面向世界，面向未来”，高瞻远瞩地指出了教育工作、实际上也包括科学技术工作的奋斗方向。老一辈科学家艰苦奋斗，为祖国的现代化事业立下了汗马功劳。现在的中学生是跨世纪的一代，是 21 世纪我国各项事业的生力军，肩负着人民的重托和历史的重任。当代中学生要有志气，继承老一辈科学家们的未竟事业，从小热爱包括物理学在内的各门自然科学，做到爱科学，学科学，用现代科学技术装备我国的工业、农业和国防，加速“四个现代化”的历史进程，使我们的祖国尽快繁荣昌盛起来。

《科学家谈物理》丛书的出版，对当代中学生来说是件喜事，年轻的朋友们不仅可以从中学习许多宝贵的知识，进一步掌握打开科学殿堂的钥匙，而且可以从中学习科学家们那种为科学事业而执著探索的精神，那种自觉献身的精神，以及那种实事求是的宝贵品质。我相信，这套丛书的出版，必将受到读者的欢迎。

1992 年 7 月 30 日

前言



从远古以来，人类的生活及生产都是在太阳光下进行的，借助于太阳光，人们才能够进行有效的生产，才可以了解周围的情况，这是唯一强大的自然光，但是，这个太阳光是经过大气层过滤后才到达地面的，由于臭氧层的吸收，太阳光中的紫外成分已经很少。阳光出现的时间只是一昼夜的一少半，渐渐不能满足人类生活及生产的需要，于是人类就致力于创造人造光。

最早的人造光是利用火来获得的，后来渐渐发展到靠加热，而不是靠燃烧获得人造光，最成功的结果是白炽灯，到现在仍然广泛用作照明光源。人们是在阳光的照射下认识环境的，只有在和阳光类似的光源照射下，才会感到熟悉。所以对人造光源的第一个要求是它要和阳光类似，究竟“类似”的含义是什么呢？一般从五个特征对光进行描述：光谱、强度、衰减、偏振及相干性。最易觉察，也是最重要的特征是光谱及强度，用热辐射的方法想得到和阳光类似的光谱是很困难的，太

阳表面的温度达到 $5\,800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在这么高的温度下，任何物体都早已熔化，而且热辐射的产生是靠所有组成发射体的原子都发生振动，因而它发射的效率不高。

非常幸运，人们发明了“冷光”，在这种发光中发射的物体不必加热，只是在它的发光中心吸收能量，然后发出所需光谱范围内的光。这就容易实现和阳光“类似”，而且能保持较高的效率。至于能够被吸收的能量的种类，经过科学家多年的钻研，发现除去波长较可见光为短的电磁波之外，还有电子束、电场、高能粒子等，这样就使发光的应用有了很广阔的天地，但是，发光的光谱常常只集中在一个窄的光谱范围，所以单靠一种材料模拟太阳光也是不可能的。从色度学的研究，任何自然色都可以由三基色的叠合得到，而自然色实际是物体在透过或漫反射太阳光后得到的，能配出自然色，就能配出太阳光，所以，当前不论在照明或全色显像方面，都集中研究三基色的获得。

强度是同时要解决的问题，强度不够就看不见是什么发光，有的场合，可以不计较效率，只要发光强就行，但另有一些场合，则必须同时兼顾效率。有些应用中衰减也是重要的，例如，要显示动画就要衰减快，长余辉就需要衰减慢。

由于这些应用中不断提出的新问题，科学技术工作者还面临着不少难题要解决，近期大家关注的蓝色发光、多孔硅发光、有机及高分子发光二极管、纳米硅的发光等都是想从不同途径满足新技术的需求，另一方面发光在很多研究中都被作为

判据性的现象。最后，随着交叉学科的深入，新材料的试制还期待着人们去发掘。

这本通俗读物中只介绍了一般的发光现象及规律，那些发光绚丽多彩现象中的丰富内容及巧妙的应用，还需读者从今后的学习研究中去充实。

目 录

○ 科学 家 谈 物 理 · 发 光 及 其 应 用

前言 / 001

第 1 章 光 / 001

1 光的功能 / 001

2 光的性质 / 006

它是一种电磁波 干涉现象 光的速度、波长及颜色 光的量子说

3 光的传播 / 015

光谱 吸收 反射及折射 散射 光的观察
契连科夫效应 极光

第 2 章 人造光和“发光” / 025

1 发光 / 025

光的发射和散射 热辐射 发光

2 化学发光 / 034

3 生物发光 / 037

4 物理发光 / 042

气体放电发光 液体发光 固体发光

有机材料 无机材料

5 发光过程的主要特征 / 052

发光光谱 发光期间 发光衰减 发光强度、
亮度和效率 能量输运 光量子

第 3 章 固体发光 / 062

1 光致发光 / 062

吸收光谱 激发光谱 发光光谱 发光的
余辉 加热发光曲线 红外释光 斯托克
斯规则 瓦维洛夫定律 上转换现象

2 阴极射线发光 / 075

发光强度同电压的关系 电流密度对发光
亮度的影响 发光的衰减

- 3 电致发光/ 081
 - 分散型粉末的薄膜 结型发光
- 4 X 射线发光/ 097
 - X 射线透视 X 射线潜像
- 5 放射线激发的发光/ 100
 - γ 射线发光 带电粒子发光

第 4 章 发光的应用 / 103

- 1 发光材料的制备/ 103
 - 粉末发光材料 薄膜发光材料 单晶
- 2 照明/ 110
- 3 探测/ 117
- 4 电子束(显像)管/ 123
- 5 发光平板显示/ 127
 - 低压荧光管 等离子体显示屏 发光二极管显示器件 电致发光(EL)平板显示
- 6 X 射线存储屏/ 136
- 7 发光分析/ 138

1 光的功能

上千年才能见到一次的极其稀有的现象算是千载难逢。人的寿命比起千年来当然小得多，所以，人在一生中大都难以看到这类千载难逢的现象。我们这一代都非常幸运，今年(1994)竟遇上了一个奇特的自然景观，这就是彗星对木星的撞击。木星很大，是太阳系中最大的一颗行星，离地球有 7.7 亿公里远。彗星一组 21 块，似一串明珠。它们是 1993 年 3 月 25 日美国年过花甲的天文学家尤金·苏梅克和他的妻子卡罗林·苏梅克及天文爱好者代维·列维为保护地球而进行的天文观测中发现的。幸亏，彗星不是飞向地球而是飞向木星，它的速度大约 21 万公里每小时。第一块彗星撞击木星表面发生在北京时间 1994 年 7 月 17 日凌晨 4 时 15 分，最后一块的撞击则发生在北京时间 1994 年 7 月 22 日下午 4 时，历时 5 天。由相撞释放出的总能量相当于 40 兆吨的 TNT 炸药在爆炸时产生的能量，而瞬时达到的温度接近 30 000 摄氏度。这个撞击能量大于在地球上所有核弹爆炸的能量。撞击时，像原子弹爆炸时那样，产生高大参天的蘑菇云。并在木星表面上留下

像地球这么大的黑色的痕迹，排成一串洼坑。虽然如此，但对地球却没有什么影响。

既然木星离我们很远，远在 7.7 亿公里之外，那里发生的事情，我们又如何知道呢？古代，中国使用烽火传递警报，虽也有顺风耳、千里眼的传说，但那都是幻想或神话。今天，我们的亲人、朋友住在天南地北，平时用书信来往，互通消息。电信及计算机发达了，又出现了电报、电话、传真及电子邮件，用它们交换情况能够更快。近年，不同城市之间，或者卫星与地面之间，既可通话，还可看到现场，才真正找到了顺风耳及千里眼。书信来往，靠汽车、火车、飞机等交通手段及邮递员；电话、传真、电子邮件靠电流；而电视、广播则靠电磁波。它们传送的速度，一个比一个快。邮递员借助飞机，可以日行万里；我们和地球另一半球的国家通电话，犹如就在身旁；而真空中电磁波的速度最快，可以达到 30 万公里每秒。邮件传送的内容可以各式各样，电话、传真的内容和邮件中的书信一样，都可以传递静态消息，电视传播，特别是彩色电视的传播可以逼真而细微地反映消息及动态情况。

在电话中，人们用话筒将声音变成强弱变化的电流，沿电话线传至对方后，又利用听筒将这个变化中的电流变回成声音。在电视中则把图像分解为很多像素，像十字布上插花一样，靠摄像机把每一个像素的强弱及颜色记录下来，然后以电磁波把这些信号传出去。接收到这些信号后，又把它们按原样变回去，这最后一步是靠显像管及伴音系统完成的。它们和邮件传递不同，最大差别是邮递员只是传送，完全不知道书信、函件、邮包内的内容。而电话、电视之类的传递就完全不同了。在电话的传递中电流既是邮递员，又是信息本身，既像邮递员一样，把信息送出去，同时，又靠它本身的变化，把信息的特征