

物理学 家 谈 物理
国家“十五”规划重点图书

主 编 中科院院士 王 迅
副主编 复旦大学教授 蒋 平

刘普霖 褚君浩 著

黑暗中的半壁江山 ——红外

上海市物理学会

少年儿童出版社

物 理 学 家 谈 物 理

主 编 中科院院士 王 迅

副主编 复旦大学教授 蒋 平

刘普霖 褚君浩 著

黑暗中的半壁江山 —— 红外

上海市物理学会

少年儿童出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

黑暗中的半壁江山——红外 / 刘普霖, 褚君浩著. — 上海: 少年儿童出版社, 2003.1

(物理学家谈物理)

ISBN 7-5324-5334-0

I. 黑... II. ①刘...②褚... III. 红外线—青少年读物 IV. 0434.3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 087540 号

物理学家谈物理 黑暗中的半壁江山——红外

刘普霖 著
褚君浩
赵晓音 装帧

责任编辑 周玉洁 美术编辑 赵晓音

少年儿童出版社出版发行	开本 850 × 1168 1/32
上海延安西路 1538 号	印张 6 插页 2
邮政编码 200052	字数 120,000
全国新华书店经销	2003 年 1 月第 1 版
少年儿童出版社排版	2003 年 1 月第 1 次印刷
商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷	印数 1-8,000

网 址: www.jcph.com

电子邮件: jcph@jcph.com

ISBN 7-5324-5334-0/N · 633(几) 定价: 13.00 元

前 言

“科教兴国”的方针早已家喻户晓。无疑,科教兴国更要“从娃娃抓起”。对青少年普及科学知识是实施科教兴国方针的必要举措,应当是全社会的重要任务;而出版面向青少年读者的科普读物自然是必需的题中之义。少年儿童出版社在上海市物理学会的支持下推出《物理学家谈物理》丛书,正是为这一任务贡献力量的义不容辞之举。

物理学是一切科学技术的重要基础。从最简单的家用照明灯具到有世界性政治、军事影响的核武器;从广阔无垠的宇宙深处到我们人体自身内部,物理学可算是无处不在。从某种意义上来说,在新世纪里物理学及其发展依然会影响、推动、促进其他科学技术的进步。显然,对新世纪的建设者普及物理学的知识更是当务之急。另一方面,一段时期以来,伪科学猖獗一时,公然在科学的幌子下混淆视听、以售其奸。更有一些商家打着科学新名词的旗号胡乱炒作、以假乱真,闹得乌烟瘴气。在这个时候,《物理学家谈物理》的出版无疑有助于去浊还清、正本清源。因此,丛书面市显得既极有必要又十分及时。

作为丛书,《物理学家谈物理》明显地有着自身独特的色彩。

首先,作者都是中国的物理学家,科学知识的正确性是其非专业作者难以望其项背的。一位知名教授在评论科普作品时常说,科普作品应能做到“专家认可,群众爱看”。这

八个字看似简单,要真正做到并不容易。这套丛书所有的作者都师出名门,毕业于国内顶级高等学府物理系;并且都在物理学领域辛勤研究数十年。由他们撰写物理学的科普作品,从根本上保证了科学的严谨性,“专家认可”当不成问题。而且,丛书作者都有在学校教学的经历,有将深奥的科学原理表达得深入浅出的丰富经验;在撰写丛书时又在作品的可读性、趣味性方面倾注了大量的心血,使读者能兴趣盎然地遨游于他们未知的世界。

其次,这套丛书的一个显著特点是:每一本书都只涉及物理学的一个分支领域,而作者又都是相关领域里卓有成就的物理学家。他们在自身的领域里都有骄人的成绩,而且十分熟悉当前国际上的科学发展动态。因此,丛书的时代感相当突出。阅读这套丛书,读者可以了解到当代最前沿的科学成就,包括科学家借以获得这些成就的过人的思维方式和工作方式,其中不少内容连新出版的教科书都未涉及。而现在的教育改革,正向提高青少年创新能力这一方向推进;教学导向正从“知识立意”向“能力立意”转换,要求学生不局限于课堂知识,积极开阔眼界,吸收新知识,吸收科学思想、科学方法和科学精神,形成创新的思维方式。就这一点来看,丛书将使青少年受益无穷。

不仅如此,丛书虽由少年儿童出版社出版,但因其知识的正确性、文风的可读性、涉及到当代以及未来社会发展的前沿性,使得所辐射的读者群自然地延伸到了青少年以外。据笔者所知,甚至有在物理学领域里工作了数十年的专家,在阅读丛书校样时也感到获益良多,颇有“入得门来,别有洞天”之感。如前所说,物理学影响并推动着其他科学领域的发展,与每一个人都有密切的关系,我们相信,对于从事各

类专业工作的成人读者,这套丛书也能在一定的程度上满足他们对新知识、新方法的汲取热望。

不得不提的是,各位作者在撰写书稿的时候,没有任何个人的功利目的,在百忙之中以一颗关心下一代、为科教兴国尽力的赤诚之心倾力撰述。这一种崇高的社会责任感让人油然而生敬意,笔者愿借此向他们表示衷心的感谢。

王迅 蔡

1. 红外的发现	1
太阳只发射七色光吗	1
太阳是白色的? 七色的? 还是……	
“看不见的光线”是怎样发现的	4
科学家把温度计移动了仅仅几毫米,就让我们进入了一个广阔的 世界。	
2. 光的本质	7
光是什么	7
光传递能量的方式是像箭簇、像弹头,还是像水波、像声波? 为了这 个问题,许多著名科学家争论了两三百年。	
红外线是电磁波家族的一员	10
托马斯·杨说:“我仰慕牛顿的大名,但不认为他万无一失、一贯正 确。”	
红外线无时无刻不在	14
无时无刻不在? 太夸张了吧? 除了电视上天气预报的红外云图和 商店里待价而沽的红外取暖器、红外理疗仪、红外内衣外,哪里还有 红外线的踪影?	
3. 黑体辐射	17
黑体、灰体及其他	17
无论是墨、煤、碳,还是石墨、碳化硅,它们的“黑”都比不上物理学 中“黑体”的“黑”,“黑体”那才是绝对的“黑”!	
黑体“告诉”了我们什么	21
飞机上有个“黑匣子”,里面记录着飞行信息。物理学中的“黑体” 也蕴涵着十分重要、十分丰富的信息。	
黑体激起“紫外危机”和“量子风暴”	25
26 岁的爱因斯坦,28 岁的玻尔,31 岁的德布罗意,24 岁的海森堡, 23 岁的狄拉克,39 岁的薛定谔……一批富有革命精神的小将震撼	

了科学界!

4. **外光电效应——兼论光子** 29

爱因斯坦巧释外光电效应 29

勒纳德的“触发假说”名噪一时,他还因此获得了诺贝尔物理奖。但人们对这一假说提出了种种问题,爱因斯坦出场了……

光子是什么 35

青年爱因斯坦提出了光量子论,晚年的他却说:“整整 50 年的思考,还没有使我更接近‘光量子是什么’的答案。”

光子的粒子性表现在哪里 37

考察一下光子的粒子性。

光子的波动性又表现在哪里 40

考察一下光子的波动性。

光子的“启示”——物质波 42

原子、分子有波动性,那么,由它们组成的物体,比如一块石头,也有波动性吗?

光子学——电子学的姊妹 46

一门与电子学和微电子学相互结合的新学科——“光子学”正在成长中。

- 5. **红外辐射源** 48

实用的红外辐射源 48

你对“不可见”的红外源并不陌生,甚至还使用过,比如……

激光是怎么产生的 52

“镭射”,一个在娱乐场所常见的耸人听闻的广告词!“镭射”莫非是镭发出的什么射线?这种元素及其射线有害于生物,怎么竟用于人头攒动之处?!

红外激光威力大 57

红外的不可见特点使它成了“秘密特工”,警戒、监控、搜索、跟踪都

<i>离不开红外激光,对导弹作精确制导的又是红外激光!</i>	
神奇的同步辐射	62
<i>第二次世界大战炮声未停,美国和前苏联都投入大量人力、财力建造“同步回旋加速器”……</i>	
红外同步辐射优点多	65
<i>一个同步辐射装置就是一个科学技术基地,一个多学科相互交流的中心。</i>	
自由电子激光	68
<i>美国“星球大战计划”曾把自由电子激光器列为地基强激光武器的候选者。</i>	
(附录)太阳及太阳辐射	71
6. 大气传输	72
地球的蓝色“纱衣”	72
<i>地球的“纱衣”为什么是蓝色的?</i>	
地球“纱衣”上的“红外窗口”	76
<i>地球“纱衣”上有那么三个“窗口”,对红外遥感、红外雷达、红外通讯和红外制导等应用技术特别重要。</i>	
红外在大气中传输的“障碍”	79
<i>“白日依山尽”和“赤日炎炎似火烧”是两句有名的诗句,为什么正午和傍晚的太阳颜色不同呢?</i>	
7. 介质传输	84
红外线能透过玻璃吗	84
<i>玻璃遇到了红外也变得花样繁多:石英玻璃、酸盐玻璃、化合物玻璃……</i>	
红外光学材料	85
<i>多种形态的红外光学材料,足以使你眼花缭乱。</i>	
8. 红外探测	88

怎样探测红外辐射	88
<i>人类为红外辐射探测,走过了一条长长的路。</i>	
半导体开辟了红外探测新天地	93
<i>没有半导体红外探测器件,就没有红外导弹制导和红外预警技术,也没有航天航空红外遥感在气象、环境、资源、测绘等领域中的应用。</i>	
什么是“结型”探测器	100
<i>一种有意思的探测器。</i>	
红外探测中的“能带工程”	104
<i>崔崎用高迁移率的样品,在强磁场、深低温下的输运现象研究中,发现了分数量子霍尔效应,他因此而荣获诺贝尔物理奖。</i>	
科学家将造出红外智能器件吗	107
<i>摄像机为什么能从庞大笨重、价值连城,变成小巧玲珑、功能繁多,并“飞入寻常百姓家”?</i>	
9. 红外应用	112
为什么人的眼睛看不见红外线	112
<i>人们借鉴眼睛的构造发展光学仪器,也借鉴眼睛的构造发展红外成像技术,并期望有一天能够研制成功人工的红外“眼睛”!</i>	
拍得出红外像片吗	116
<i>二战中德国用焦距长达 12 米的红外照相机,隔着英吉利海峡,在大雾下拍摄距离 32 公里外的英国海岸情况。</i>	
如何把红外“变得”可见	119
<i>二战中德国借助“夜视”装置,在夜幕掩护下长途跋涉,通过德、荷等国家,把他们的 V-2 火箭运到英吉利海峡附近的发射架上。</i>	
红外线是一帖“良药”	121
<i>寒冬季节,人一旦沐浴阳光或接近火源,立刻觉得温暖,接着感到浑身舒适,精神也随之振奋起来,这里面有红外的功劳。</i>	

红外烘烤粮食好	125
<i>红外烘烤粮食怎么跟冰箱、洗衣机等家电的生产扯在了一起?</i>	
用红外监测环境污染	128
<i>红外是电视台天气预报中“空气指数”栏目的外场记者。</i>	
(附录)污染大气的主要气体分子及其红外吸收特征	
波长	131
飞驰的火车轴温有多高	132
<i>这是老电影里的一幕:“当当当……”随着榔头的敲击,人工检查列车车轴、轴箱又开始了。</i>	
炼钢炉会发生“穿孔”吗	135
<i>摄氏千度以上的火红滚烫的钢水熔化了铁铸的炉壳,浸穿了炉体后向外喷泄——这种场景并非危言耸听!</i>	
医生用红外线诊断疾病	141
<i>当您初次看到自己或熟人的热像图时准会惊呼:“怎么变成这个样子了呢!”</i>	
用红外勘探地下矿藏	146
<i>我国使用中国科学院上海技术物理研究所研制的热像仪,通过航测,曾在新疆发现了干涸河床下的地下水源。</i>	
用红外测绘大地立体图像	151
<i>中国科学院上海技术物理研究所研制的“机载三维成像仪”摄取的城市立体图像,可以清晰地看到错落有致的楼宇、纵横交错的道路。</i>	
红外“千里眼”	156
<i>雷达可分作无线电雷达、超高频雷达、微波雷达,现在又有了红外雷达。</i>	
红外引导导弹飞向目标	161
<i>红外制导威力大。</i>	

反导弹也要靠红外 166

美国的导弹预警卫星系统,在“飞毛腿”导弹发射后 30 秒钟内就能探测到“飞毛腿”发动机的红外辐射,为成功拦截“飞毛腿”起到了关键作用。

战争中的红外对抗与“隐身”术 170

红外技术在侦察、预警、警戒、夜视、搜索、瞄准、引爆等各个战争环节中所起的作用愈来愈大,红外“对抗”和“反对抗”这对“双胞胎”也应运而生并迅速发展。

鸟瞰世界的红外“天眼” 172

当今我们居住的地球外围,分布有各种各样的人工红外“天眼”,它们居高临下,鸟瞰世界,执行着这样那样的使命。

红外使人们“望穿”银河 177

许多国家的天文台和举世瞩目的哈勃太空望远镜,都配备有红外照相装置和其他红外光谱仪器。

科学家把温度计移动了那么仅仅几毫米，就让我们进入了一个辽阔的世界。在这个人类视觉已不起作用的“红外世界”里，凭借现代科学技术，人们创造了一个又一个奇迹，毫不逊色于在“可见世界”的作为！

1. 红外的发现

太阳只发射七色光吗

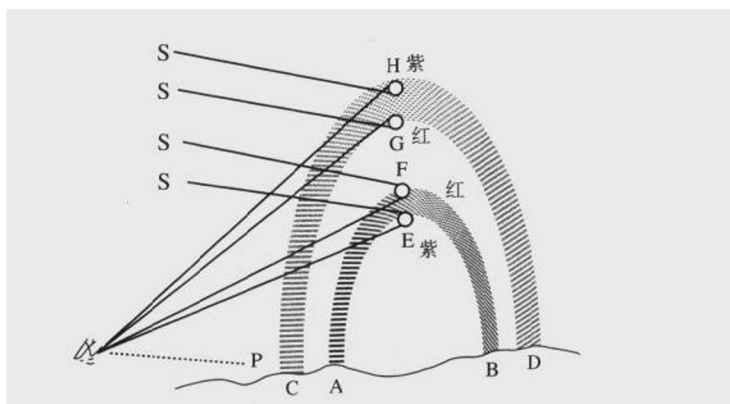
赤橙黄绿青蓝紫，谁持彩练当空舞？

雨后复斜阳，关山阵阵苍。

.....

装点此关山，今朝更好看！

多么绚烂、清新的画面！多么活跃、壮观的场面！若问这位伟大诗人在描绘什么，你一定会马上回答说：“是彩虹。”是的，是彩虹！雨过天晴的空中，七彩光弧骤然出现，曾使人们多么惊奇！引起过人们多少遐想！在很长时间里，人们把它的出现当作“吉祥”的征兆，认为是“神”在显灵。保留众多古词汇的我国客家话，生动而形象地把虹叫作“天弓”、“天龙神”，不就是一种观念的反映吗？



虹和霓，雨后横卧天空的彩带。颜色鲜艳的叫“虹”，红色在外，紫色在内；颜色较淡的叫“霓”，紫色在外，红色在内

大约到了公元16世纪，人们又注意到这种绚烂的色彩还出现在漂浮于水面的油层上，而且并非偶然现象。也在这个时期，人们对于有关光的问题才不再停留于神秘的想象，

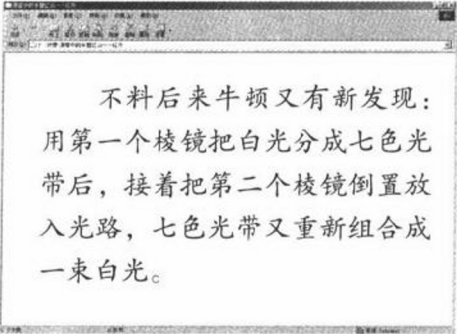
最激动人心的发现是1666年伊萨克·牛顿作出光棱镜色散的经典实验。是啊！一束白光只是穿过通体透明的三棱镜，就像使了“魔法”，突然变成七种颜色依次排列的绚丽光带。这桩科学史中的佳话，同牛顿创造的另一“奇迹”，即从“树上苹果落地”悟出“万有引力”来，知名度可谓不相上下。



科学泰斗，伟大的牛顿

才开始了真正科学意义上的研究。伽利略、斯涅耳、惠更斯、牛顿这些科学泰斗，依据严密的实验观察及其深邃的思考，为现代光学和光谱学奠定下基础。

但这时人们还不了解为什么光有不同的颜色，大都猜测棱镜产生的颜色同薄膜产生的颜色来源类似，都是“光和黑暗以各种不同比例混合”而成的。



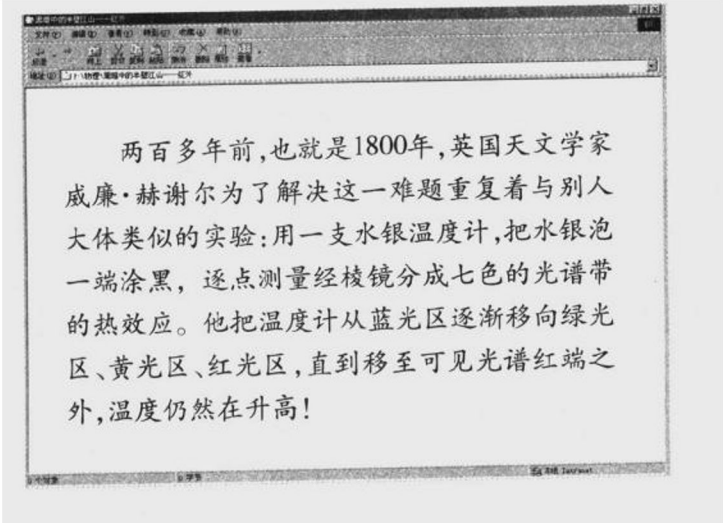
不料后来牛顿又有新发现：用第一个棱镜把白光分成七色光带后，接着把第二个棱镜倒置放入光路，七色光带又重新组合成一束白光。

1704年，牛顿在他的《光学》一书中写道：“棱镜把组成太阳光的复合光线分离开或挑选出来。”这样，人们才认识到白光是由不同颜色的光复合而成。为了证明这个结论，他还设计了这样一个实验：让一束太阳光通过棱镜分成光带，再让光带通过一面会聚透镜。可以发现，在透镜焦点，也就是说在七色光会聚在一起的地方是白色，通过焦点后再次分散为色带。自此，太阳光是由多色光组成的，再没人怀疑了！

但是，太阳仅仅发射这七色光吗？此后近一百年的时间里，人们相信牛顿的实验发现，信赖自己的眼睛，以为七色之外就是“黑暗”，都是“虚无”。谁知，在这之后惊人的发现一个接一个。1800年，英国天文学家威廉·赫谢尔实验观察到七色光带的红端之外还有“红外线”，1856年科学家缪勒又实验证明紫端之外还有“紫外线”。红外线、紫外线在太阳光谱中跨越的范围比可见光区要宽成千上万倍，人类和其他高等动物的眼睛可以感受到的只是太阳辐射中很小很小的一部分。

“看不见的光线”是怎样发现的

太阳是生命之源。远古时代人们对它顶礼膜拜；文明时代，人们对它观察研究。但是，这个高悬于天穹的火球过于炽热，使人难以“正视”，稍不当心，它就会灼伤你的眼睛。两百年前，天文学家为了保护眼睛不受太阳伤害，曾想了许多办法，尝试着用纸、用布、用酒、用水、用天然晶体、用玻璃、甚至用玻璃容器盛上着色的水，指望靠它们“挡住”太阳的热，而不减弱阳光的亮度。可惜效果不大，甚至毫无效果。在牛顿用棱镜把阳光分成七色之后，他们想进一步弄清楚哪种颜色的光发热最厉害，以便找到相应的保护眼睛的措施。



两百多年前,也就是1800年,英国天文学家威廉·赫谢尔为了解决这一难题重复着与别人大体类似的实验:用一支水银温度计,把水银泡一端涂黑,逐点测量经棱镜分成七色的光谱带的热效应。他把温度计从蓝光区逐渐移向绿光区、黄光区、红光区,直到移至可见光谱红端之外,温度仍然在升高!

这个现象在当时令人大吃一惊：眼睛什么都看不见的区域不就是“黑暗”吗？黑暗不就是“虚无”吗？这里究竟存在什么因素使水银柱继续上升呢？有人不屑地说，这只不过是棱镜的烘烤罢了！



发现红外线的英国天文学家威廉·赫谢尔和他的姐姐、工作助手、天文学家卡洛丽娜·赫谢尔及他的儿子、继续红外研究的天文学家约翰·赫谢尔（自左至右）

威廉·赫谢尔不认为这么简单。他不懈地进行实验，观测太阳之后，又观测火焰、烛光、火炉等光源和热源，发现都有类似现象，红光端之外不仅确实有热效应，甚至比可见光区还强！他确信存在一种“不可见的光线”，并在论文中把它称作“热谱线”、“致热线”、“暗中线”等等。



后来其他科学家又实验证明，这种前所未知的射线遵从与可见光一样的反射、折射定律，同样有干涉、衍射现象，区别仅在于其波长比可见的红光要长，于是人们逐渐统一称之为“*Infrared*”，“red”是英文“红”的意思，“*Infra*”是拉丁文词冠，有“之下”“在下”的意思。我们翻译作“红外线”“红外辐射”，或简称为“红外”。