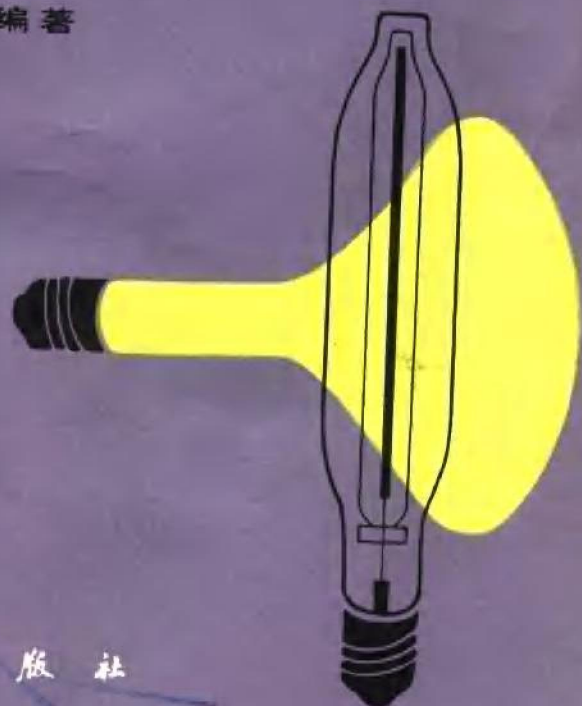


光学知识丛书

电光源的今天和明天

石中玉 编著



23-49

学出版社

内 容 简 介

电光源是用电能产生辐射发光的电真空器件（或离子器件）。它除了用于人民生活照明外，还广泛应用于工业、农业、化工、食品、医药卫生、交通运输、地质探矿、文化艺术、国防公安和科学研究等方面。

本书不但较详细地介绍了今天已经有的可见光、红外线、紫外线光源和它们的各大类产品，如白炽灯、卤钨灯、荧光灯、高压汞灯、氙灯、金属卤化物灯、钠灯等的发光机理、性能、结构、光谱特性以及主要用途；而且对明天的电光源也作了一定的展望，可以使读者对电光源有个较全面的了解。

本书既适合于从事电光源工业的广大职工和技术人员，又适合于具有中等文化程度的电光源应用方面的干部、科技人员、群众阅读和参考。

电光源的今天和明天

石中玉 编著

责任编辑 姚平录

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1985年4月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1985年4月第一次印刷 印张：6 1/2

印数：0001—6,800 字数：143,000

统一书号：15031·645

本社书号：4147·15—10

定价：1.25 元

《光学知识丛书》编委会

主 编	张志三		
副主编	沈寿春		
编 委	刘颂豪	母国光	林钧挺
	郭履容	缪家鼎	薛鸣球
	刘振堂	杜春耕	黄高年

前 言

随着科学技术的发展，在五十年代以后，发光效率高、显色性好的节能电光源像雨后春笋般的涌现。其产品种类繁多、生产数量巨大、应用范围广泛，不但在国民经济中已成为一个独立的工业体系，而且在科研、人才培养、原材料配套等方面也形成了独立的网络。今天的电光源已不仅仅是用于夜间照明，它还作为生产、科研和治疗疾病的一种手段，应用于许多部门。像光化学反应，诱杀田间害虫，微生物诱变育种，生物人工照射，治疗疾病，灭菌，灯光诱鱼，物体加热烘干，指纹痕迹分析，药物和毒品分析，文物纸币等真伪鉴别，航空地磁探矿，矿石油层分析等等，举不胜举。今后随着电光源新品种的开发，应用会像光线一样，照射到更多的领域里去。

电光源是用电能来产生辐射发光的电真空器件（或离子器件）。像化学发光、生物发光、放射性物质激发发光等，均不属于电光源的研究范畴。电光源包括的辐射光谱波长范围，已经不再单纯是人眼看得见的可见光区域（380~760毫微米），已经扩展到人眼看不见的红外线和紫外线区域。波长从几十微米到几十毫微米的辐射源，都是电光源研究的对象。现在，用“电灯”一语已经不能完全代表电光源的含意了。

电灯照亮了千家万户，它对每一个人都不是陌生的。但是，日益增多的电光源新品种人们还是不太了解的，现代科学技术愈来愈多地同电光源辐射的波段发生关系，电光源

所辐射的光常常是科研的一个重要手段。

电光源产品既是人民生活的必需品，又是国民经济建设配套的生产资料。所以说，它的发展状况和水平，往往标志着一个国家的技术水平和生活水平。建国以来，我国的电光源工业有了很大的发展。目前我国电光源工业拥有二百多个企业，职工十万多人，年产十亿只灯泡和九亿米钨丝。现已初步形成了品种门类比较齐全、配套比较完整的电光源工业体系，彻底改变了过去那种全靠进口灯泡和钨丝的局面。我国现在生产的电光源产品不仅能满足国内市场的需求，而且还有一定的出口能力。

我国电光源工业发展速度是快的，但同发达国家相比，还有不少差距。我国每个职工平均年产灯泡一万支，而美国为十五万支，日本为五万支，苏联为二万五千支。生产过程中的能源消耗我国也比较大，每生产万支普通白炽灯泡，平均消耗标准煤为6.6吨，比日本高两倍左右。这主要是由于我国厂点多、规模小、装备落后和生产效率低等因素造成的。

电光源的品种规格非常多，目前已有几万个规格，不可能把它们一一介绍。我们只能按发光原理把它们分类，然后再对它们的性能、特点和今后发展趋势等加以叙述，使读者对每一类的电光源产品有个概括的了解。

本书在修改定稿过程中，得到了黄高年、张春华同志的大力支持，对初稿提出了宝贵的意见；全文经夏家佑、刘振堂同志审阅，在此一并谨致谢意。

由于作者水平有限，难免有不足之处，请读者不吝指正。

作者

目 录

前言.....	(i)
---------	-------

第一章 人类离不开电光源..... (1)

第一节 光与电光源.....	(1)
----------------	-------

一、光和太阳光.....	(1)
--------------	-------

二、光的颜色与人眼的视觉特性.....	(8)
---------------------	-------

三、电光源的兴起.....	(16)
---------------	--------

四、电光源的某些参数含义.....	(20)
-------------------	--------

第二节 电光源在今天的作用.....	(24)
--------------------	--------

一、生活与生产照明.....	(25)
----------------	--------

二、艺术照明.....	(32)
-------------	--------

三、生物人工照射.....	(37)
---------------	--------

四、电光源在工农业生产上的应用.....	(40)
----------------------	--------

五、电光源在医疗保健方面的应用.....	(42)
----------------------	--------

六、电光源在其它方面的应用.....	(45)
--------------------	--------

第三节 电光源大家族.....	(47)
-----------------	--------

一、热辐射电光源.....	(48)
---------------	--------

二、气体放电光源.....	(50)
---------------	--------

第二章 人眼看不见的热辐射光源

——红外线电光源.....	(52)
---------------	--------

第一节 红外线的基本性质.....	(52)
-------------------	--------

一、红外线遵守几何光学上的定律.....	(52)
----------------------	--------

二、红外线的热效应·····	(54)
三、红外线的电效应·····	(55)
四、红外辐射光谱是连续的·····	(55)
五、红外线在大气中传播的性质·····	(56)
第二节 红外线电光源 ·····	(57)
一、红外线白炽灯·····	(57)
二、红外线卤钨灯·····	(60)
第三节 红外线电光源的应用 ·····	(64)
一、在农业上的应用·····	(65)
二、在工业上的应用·····	(66)
三、在食品加工上的应用·····	(66)
四、在家禽畜牧上的应用·····	(67)
五、在医疗方面的应用·····	(67)
六、红外线探伤·····	(68)
 第三章 五颜六色的可见光电光源 ·····	(69)
第一节 百岁老将——白炽灯 ·····	(69)
一、白炽灯的发光原理·····	(69)
二、白炽灯的构造·····	(70)
三、白炽灯的类别·····	(75)
四、白炽灯的现状与未来·····	(75)
第二节 老兵新传——卤钨灯 ·····	(76)
一、老兵换新貌——卤素大显神手·····	(77)
二、卤钨白炽灯的演变·····	(78)
三、卤钨灯的系列化·····	(80)
第三节 无可匹敌的室内照明光源——荧光灯 ·····	(83)
一、室内照明光源的劲旅·····	(83)
二、荧光灯的发光机理·····	(84)
三、荧光灯的构造·····	(85)
四、荧光灯电路及其附件·····	(88)

五、异形荧光灯	(90)
第四节 街道明珠——荧光高压汞灯	(93)
一、改善高压汞灯的光色	(93)
二、街道照明的明珠	(95)
三、荧光高压汞灯的结构	(95)
四、荧光高压汞灯的现状	(97)
第五节 人造小太阳——氙灯	(98)
一、太阳般的光色	(98)
二、氙灯的特性和种类	(99)
第六节 金光闪闪的钠灯	(104)
一、发光效率的冠军——低压钠灯	(104)
二、无可匹敌的室外照明光源——高压钠灯	(107)
三、高压钠灯的特点	(108)
第七节 前程似锦的金属卤化物灯	(110)
一、金属卤化物灯的崛起	(110)
二、照明用金属卤化物灯	(112)
三、电影、电视外景摄影用金属卤化物灯	(115)
四、放映用金属卤化物灯	(117)
五、工业用金属卤化物灯	(119)

第四章 人眼看不见的神奇紫外线

及紫外线光源

第一节 神奇的紫外线	(121)
一、紫外线的某些物理性质	(121)
二、紫外线的光致发光	(124)
三、紫外线的光化学效应	(128)
四、紫外线的生物效应	(134)
五、紫外线的光电效应	(139)
六、紫外线的致臭氧作用	(141)

第二节 紫外线光源	(142)
一、紫外线汞灯	(143)
二、紫外线荧光灯	(152)
三、紫外线金属卤化物灯	(158)
四、其它紫外线光源	(162)
第三节 紫外线光源的广泛应用	(166)
一、在工业上的应用	(166)
二、在农牧业上的应用	(171)
三、在分析技术上的应用	(174)
四、在医疗保健方面的应用	(177)
五、紫外线消毒灭菌	(180)

第五章 电光源的明天

第一节 热辐射电光源的发展前景	(183)
一、充分利用红外辐射能量	(183)
二、寻找新的热辐射发光材料	(184)
三、寻找新的卤钨循环剂	(185)
第二节 荧光灯的发展前景	(186)
一、荧光材料的未来展望	(186)
二、彻底消灭汞害——无汞荧光灯的研制	(187)
第三节 金属卤化物灯的未来展望	(188)
一、灯内高温化学的研究	(189)
二、超高光效灯的研制	(189)
三、开拓陶瓷管金属卤化物灯	(190)
第四节 钠灯的未来展望	(190)
一、继续提高钠灯的光效	(190)
二、开拓小功率高显色性的高压钠灯	(191)
三、发展反射形、漫射形高压钠灯	(191)
四、采用新工艺和新材料	(191)
附录 电光源的发展简史	(193)

第一章 人类离不开电光源

第一节 光与电光源

一、光和太阳光

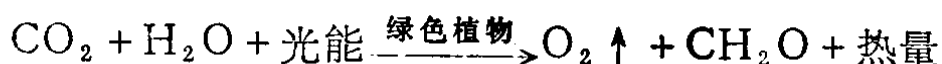
(一) 太阳光与人类

一谈到光，人们便会自然而然地想到太阳光。这个巨大的炽热的天体以它无比灿烂的光辉普照着大地。它是人类赖以生存的一切物质文明的基础，是人类智慧和力量的源泉、光明和美好的象征。

在科学还不发达的远古时代，人类把太阳奉若神明。关于太阳的神话和传说真是脍炙人口，世代相传。随着科学技术的发展，人类通过对太阳的长期观察和研究，终于揭开了它的奥秘。原来太阳主要是由氢构成的，它内部的高温使氢发生热核聚变反应，由两个重氢原子核聚变成一个氦原子核，同时释放出大量的能量，并以光和热的形式向四周辐射。辐射到地球上的太阳光的能量是相当可观的。夏季晴天的中午，在北纬 35° 的地球表面上，太阳的辐射功率高达每平方米1千瓦。整个地球接受的太阳辐射功率可以这样估算，即认为一年四季平均有四分之一的地球表面接受每平方米1千瓦平均辐射功率的照射，这样地球表面总共接收到的太阳辐射功率为 1.3×10^{14} 千瓦，这相当于我国目前总发电量的 3.7×10^9 倍！

地球上的一切生物，包括植物、动物和微生物，正是依

靠太阳投射下来的光和热才得以生存和发展的。就拿最常见，但却是一种复杂的、至今尚未被科学家完全弄清楚的光合作用来说吧，绿色植物在太阳光的作用下是生产粮食的巨大工厂。植物中的叶绿素利用太阳光的能量，将植物所吸收的二氧化碳和水转化成碳水化合物和氧气。光合作用的总过程可以用下式描述：



在阳光的照射下，植物进行的这种光合作用，能将光能转换成生物化学能即把二氧化碳和水等无机物质合成为有机物质，贮存在自己的机体内。依靠光合作用，植物才得以茁壮成长，从而为人类提供丰盛的粮食、蔬菜和水果等食物，也养育各种动物，人们才有可能食用肉类、乳品和蛋类等。俄国生物学家季米里亚捷夫说的“食物不是别的，它就是太阳光制造的食品”这句话是完全正确的。此外，光合作用所产生的氧气，对稳定大气层中的气体成分比例也起着决定性的作用。今天，随着人类文明的进步，在生产和生活活动中，每年要燃烧掉几十亿吨的石油和煤炭，大量消耗着大气中的氧气，并把大量的二氧化碳排向空中。但是，千百年来大气成分仍能基本保持不变，这不能不归功于光合作用。

太阳不仅为人类的生存提供了物质基础，而且它还像一盏悬挂在空中的巨大明灯，照亮了我们周围的世界。大自然中的一切壮观景象都是在阳光的照射下显现出来的！如果没有光，我们的地球将会变得万籁俱寂、死气沉沉，一片黑暗。难怪文艺家们都把太阳描绘成一切希望和美好的化身，这是不无道理的。

（二）太阳的光谱

从照明的角度讲，太阳是独一无二的理想光源。它的光

色纯正，亮度高。所谓光色纯正是指太阳的各色光谱组成均匀连续，在它的照耀下，各种颜色逼真；颜色的传递没有失真。所以，电光源的一个重要参数——显色指数，就是以太阳的光色作为标准的，即将太阳光的显色指数定为100，而其它所有人造电光源的显色指数均低于100。太阳光在地球表面的直射光谱相对能量分布如图1-1所示。从图中可清楚地看出，在太阳光照射到地球表面上的可见光部分（波长为0.38~0.78微米），它的能量分布曲线相当平直且连续，这就是太阳光光色纯正、显色性最好，因而人类把它作为辨色标准的原因所在。

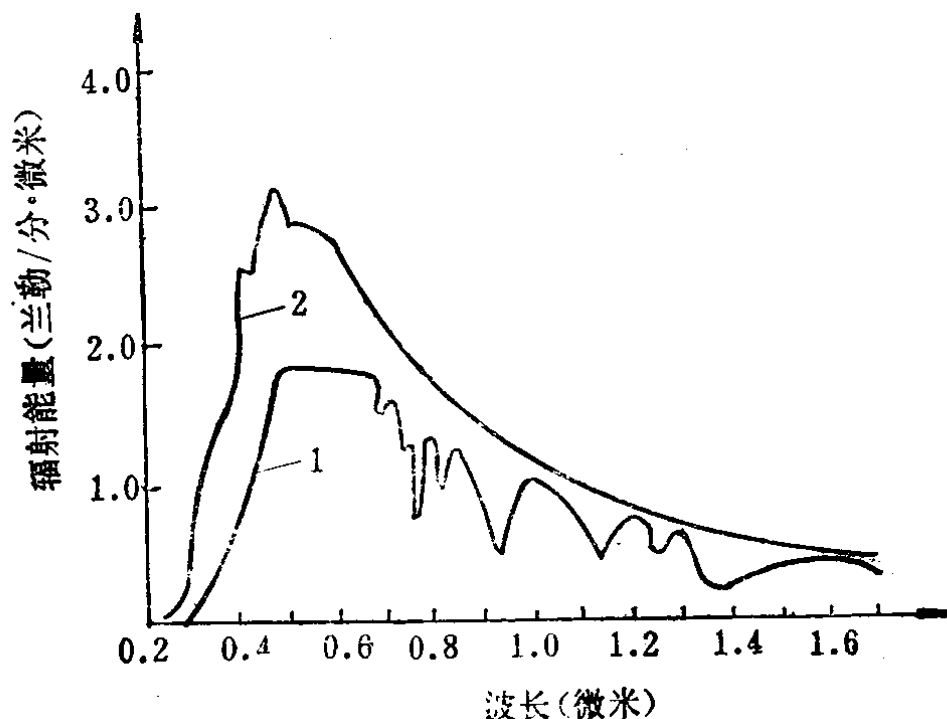


图1-1 太阳光谱能量分布

1.地球表面上的太阳光谱，2.大气层上空的太阳光谱

其中的兰勒是太阳能辐射通量的单位， $1 \text{ 兰勒} = 4.2 \times 10^7 \text{ 尔格/厘米}^2$ 。

当然，地球表面上的太阳光谱能量分布不是恒定的，而是随着气象的变化而变化的，并且与地球的自转、公转密切相关。阴天时，有些波长的光几乎被云层全部吸收，使地球上的太阳光谱组成发生变化。冬季、夏季，就是在一天的

不同时刻，也因太阳光入射大气层的角度不同，地球上的太阳光谱也各异。

太阳光照射到地球表面的波长范围是 $2900\sim 30000\text{ \AA}$ ($1\text{ \AA}=10^{-10}\text{米}$)。波长小于 $2900\text{ \AA}$ 的太阳光中的紫外线被大气层中的臭氧层吸收，照射不到地球表面。这一点对生物是至关重要的，因为短波紫外线对生物是个致命的威胁。如果紫外线不被吸收，地球上的生物就不会发展成今天这个样子。因此说，地球上生物的出现是和大气层中臭氧层的形成分不开的。此外，从图1-1中的曲线1还可以看出，照射到地球表面上的太阳光谱中的红外线部分（波长大于 0.75微米 ）有凹陷吸收峰，这是由于空气中的水蒸汽、二氧化碳和各种粒子的吸收和散射所造成的。红外部分的能量随着波长的增加而衰减，当波长大于 $30000\text{ \AA}$ 时，能量被大气全部吸收。

由于航天事业的发展，人类已测量到地球外层空间的太阳光谱组成。图1-1中的曲线2就是大气层外的太阳光谱。图中整个曲线2都位于曲线1的上面，这清楚地表明，在同一波长，大气层外的太阳辐射能量比地球表面上的要大，尤其是在可见光部分。这是由于大气层对太阳光的吸收、散射和漫反射造成的。太阳光能量的40%被大气层反射到宇宙空间，还有一部分被大气层吸收，最终到达地球表面的太阳光能量还不到50%。否则的话，地球表面上的温度要比现在高得多。此外，曲线2在红外部分没有凹陷吸收峰，这是因为大气层外的水蒸汽和其它气体粒子极少的缘故。

表1-1是大气层外太阳光谱能量分布表，它与图1-1是一致的。在太阳光辐射的能谱中，以可见光部分所占比例为最大，它在波长为 $3800\sim 7800\text{ \AA}$ 这样窄的范围内，但却占总辐射能量的47%，而紫外部分仅占约9%，其余为红外部分。太阳的辐射主要是可见光，而只有可见光才照亮了我们这个

繁花似锦的世界,人类也才得以欣赏大自然造就的一切美景。

表1-1 大气层外的太阳光谱能量分配表

	波 长 (Å)	辐射照度 (瓦/米 ²)	占太阳常数的百分数*
远紫外线	小于 2800	8	0.6
中紫外线	2800~ 3150	18	1.3
近紫外线	3150~ 4000	92	6.8
可 见 光	3800~ 7800	638	47.3
近 红 外	7800~14000	406	30.1
中 红 外	14000~30000	183	13.5
远 红 外	大于 30000	29	2.1

* 太阳常数是指离地球10公里高空的太阳照度的平均值,世界各国公认的太阳常数 $E_0 = 1.35$ 千瓦/米²。

(三) 光的本质

人们沐浴在阳光下,天天和光接触,但光究竟是什么?在十七世纪,法国科学家笛卡尔和英国科学家牛顿提出了光的“微粒学说”,认为光是由一种具有弹性的微小粒子组成的,光线就是发光体发出的粒子流。这一学说圆满地解释了光的直线传播、光的反射和折射等现象。但是后来发现的许多光的现象,如光的干涉、衍射等,用微粒学说是无法解释的。到十七世纪末,荷兰科学家惠更斯提出了光的波动学说,出色地解释了光的干涉、衍射等现象。实际上,光兼有波动性和微粒性,因此光是具有“波粒两象性”的物质。在

一个世纪以前，英国物理学家麦克斯韦证明了光是一种电磁波，光波与无线电波在本质上是相同的，只不过光波的波长比无线电波要短得多。无线电波和可见光是电磁波，人眼看不见的红外线、紫外线、X射线和 γ 射线等也都是电磁波，它们都有相应的波长和振动频率。一般按其波长的长短来划分电磁波谱（见表1-2）。波长从长到短，其顺序是：无线电波，红外线，可见光，紫外线，X射线和 γ 射线。从表可知，无线电波中的广播波段波长很长，从几十公里到几米；而 γ 射线的波长很短，只有 $0.1\text{ \AA}$ ，即为一米的一百亿分之一。在宽广的电磁波谱中，可见光波谱所占比例很小，大约只有全部电磁波谱宽度的七十分之一。

光是波长很短的电磁波。光波的振动和传播图像如图1-2所示。图中， E 表示电场振动方向， H 表示磁场振动方向， C 表示光波的传播方向。由图可见，光波的电场和磁场方向是相互垂直的，且垂直于光传播的方向。因此

表1-2 电 磁 波 谱 划 分 表

波 段 名 称	波 长
无 线 电 波	广 播 波 段 $10^5\sim 10$ 米
	电 视 波 段 $10^2\sim 1$ 米
	雷 达 波 段 $1\sim 10^{-2}$ 米
红 外 线	远 红 外 $10^3\sim 10$ 微米
	中 红 外 $10\sim 1.5$ 微米
	近 红 外 $1.5\sim 0.8$ 微米

续 表

波 段 名 称		波 长
可 见 光	红 光	780~640毫微米
	橙 光	640~590毫微米
	黄 光	590~560毫微米
	绿 光	560~490毫微米
	青 光	490~450毫微米
	蓝 光	450~420毫微米
	紫 光	420~380毫微米
紫 外 线	近 紫 外 线	400~320毫微米
	中 波 紫 外 线	320~275毫微米
	远 紫 外 线	275~200毫微米
	真 空 紫 外 线	200~10毫微米
X 射 线	软 X 射 线	100~1 Å
	硬 X 射 线	1~0.1 Å
γ 射 线		小于0.1 Å

说，光波是一种横波，会产生偏振现象。所谓光波的偏振意思是：当光线穿过某些物质后，其透过的光；或当光线投射到某些物质表面上时，其反射光、散射光都被限制在某一垂

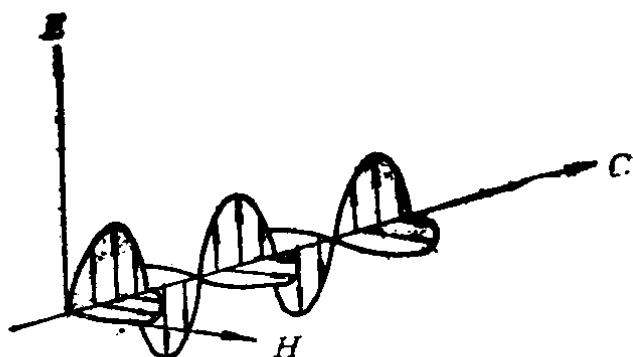


图 1-2 光波的振动和传播示意图

直平面内振动，而在其它方向的振动则被大大削弱或完全没有。这种只在某一平面内振动的光称为偏振光。光波中电场和磁场的振动波长，就

是光波的波长，其传播的速度就是光波的传播速度。电磁波谱中的各个频段，在真空中的传播速度都是一样的，即为 299792.8 ± 0.4 公里/秒。人们通常所说的光速就是这个速度，它是目前人们所知道的物质运动的最快速度。

电磁振荡是能量存在的一种形式，因此光在传播时必然携带能量。电磁场的传播不需要任何中间介质和媒质，这种能量的传播方式叫做辐射。光的辐射是从光源出发，按直线向所有方向传播。光在传播过程中所携带的能量，最终被物体所吸收，转化为物体的热能、化学能等。在太阳光照射下，人们会感到温暖，就是光携带的能量传递给了人身，光的能量变为热能的缘故。绿色植物在阳光下进行的光合作用，就是光能转化为生物化学能的过程。太阳能电池、太阳能电站等等，都是人类在利用太阳光能方面所取得的成就。但是目前对于太阳能的利用还是很有限的。太阳能——这个取之不尽的天然能源，是需要人类积极开发的领域，特别是在世界能源紧缺的今天。

二、光的颜色与人眼的视觉特性

(一) 颜色与波长

1666年，牛顿做了一个有名的实验。他让一束太阳光射