



冷光 LENG GUANG

吉林人民出版社

冷 光

刘 学 铭

13.35

026

986

吉林人民出版社

内 容 提 要

本书从自然界中存在着的形形色色的发光现象出发，运用辩证唯物主义观点，系统地介绍了冷光现象的本质及其在国民经济各个领域中的具体应用。文章深入浅出，语言生动活泼，适于具有中学文化程度的工农兵、干部和知识青年阅读。

冷 光

刘 学 铭

*

吉林人民出版社出版
吉林省新华书店发行
通辽新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092毫米 1/32 印张 $1\frac{3}{4}$ 36,000字

1979年8月第1版 1979年8月第1次印刷

印数：1—3,100册

书号：15091·150 定价：0.15元

目 录

- 一、引 言..... (1)
- 二、光的产生..... (3)
- 三、形形色色的光..... (8)
- 四、热光源..... (12)
- 五、冷 光..... (18)
- 六、冷光源与荧光体..... (23)
- 七、冷光与热线..... (34)
- 八、冷光与生物..... (42)
- 九、冷光与生产和生活..... (48)

一、引 言

阳光、火光、电灯光，它们把光焰和热量同时送给人间，使人们感到光明和温暖。因此，人们曾经认为，发光的东西必然发热，光和热好象一对“孪生兄弟”，是形影不离的。

那么，世界上是否存在着不发热的光呢？换句话说，有没有只闪烁着光辉，不发出热量的光呢？在回答这个问题之前，先让我们看一看自然界中某些生物发光现象吧。

在盛夏的夜晚，月光皎洁，繁星点点，一只只萤火虫带着黄绿色的闪光在草丛中飞舞。天真活泼的儿童们，无不被这神奇的光亮所吸引，他们追来追去，把捕捉到的萤火虫装进玻璃瓶里，好奇地注视着它们的发光……。

陆地上除了少数昆虫、细菌和真菌以外，能发光的生物就很少了。然而海洋里却是另一番景象。

在浮游生物密集的海区，每当航船行驶、渔群漫游或风浪扰动的时候，都会闪现一片片乳白色或蓝绿色的光亮，渔民们把它叫做“海火”。“海火”是渔民寻找鱼群的线索。发生强烈海火的海域，必然密集着大量的浮游生物，附近往往有较大的鱼群出没。

至于大海深处，更是“万家灯火”的世界。在深海活动的鱼类，大都在眼下或者嘴边有两盏荧光闪闪的“夜航灯”，宛如夜空中的流星，在黝暗的海水里来回穿梭……。

自然界中除了一些活的生物能够发光以外，生物体腐烂

时也能发光。夏夜，森林或坟地里隐约飘忽一种可怕的蓝光，就是其中的一种。迷信的人把它叫做“鬼火”，这是非常荒诞的。

看来，前面提出的问题，现在可以作出回答了。世界上只发光，不发热的物质不但有，而且还大量存在。这些物质发光时有着鲜明的特点：不靠白炽，不发热线，只放光芒。人们把这种几乎不产生热量的光称为“冷光”。冷光的发光效率非常高，它能将绝大部分能量转变为可见光，而电灯（热光源）只能把电能的很小部分转变为可见光，其余大部分都以红外线的形式变成热消耗掉了。

自然界中生物发光现象给人以很大的启发。人们不禁想到，既然生物能够发出具有优良特性的冷光，那么我们能不能人工制造冷光呢？这一饶有趣味的课题，曾经引起许多科学工作者的注意。近几十年来，经过他们的深入研究，反复实验，终于揭开了冷光的奥秘，一个个崭新的人工冷光源出现了，在国防、国民经济以及人民生活中得到了广泛的应用。

然而，冷光的本质是什么呢？它的产生和幻灭又有着什么规律呢？人们是怎样用它为人类造福的呢？要回答这些问题，还得从光的一般知识谈起。

二、光的产生

很古的时候，人们就形成了一个习惯的概念，认为光是从眼睛里流出来的，照到那里就能看见那里的东西。现在沿用的“视线”一词，当初可能就是从这种概念演化而来的。

如果光线是从人眼睛里流出来的，那么，为什么人们白天可以看见的一切，而在夜间却熟视无睹呢？难道人的眼睛白天能流出光线，黑夜就不能吗？显然，这种观念是错误的。

现在看来，光是从发光物质（即光源）发出来的。当某物体被光照亮，并把一部分光线反映到人的眼睛里时，我们才能看见这个物体。

那么物质为什么会发光？形形色色的光是怎么产生的？冷光的本质是什么？为了回答这些问题，我们必须先介绍一下物质结构的奥秘，从原子结构与能量的关系来了解物质发光的道理。

在我们生存的世界上，充满着各种各样的物质。大至无垠宇宙中的星球，小至微观世界的基本粒子，都处在永恒的运动状态中。能量的变化是物质运动形态转化的度量和标志。物质的性质与其组成是密切相关的，从化学的观点来看，我们周围的一切物质都是由很小的微粒——原子和分子——组成的。

在自然界中存在着许多不同种类的原子，如钾、钠、钙、镁、铝、铜、磷、硫、氯等。现在已知的化学性质不同的元素共有 105 种。每种元素都是由具有相同化学性质的原

子组成的。

物质的性质是由于它们分子中原子的种类、数量以及排列情况决定的。如果物质在变化过程中，其分子中原子的种类、数量以及排列不变，或者说分子原封不动，那么这种物质的本性就没有根本的变化。如水变成冰，铁块磨成铁粉，都属于这类变化。这就是我们常说的物理变化。如果物质在变化过程中，其分子中的原子种类、数量以及排列状况发生了变化，或者说整个分子发生了变化，那么该物质的性质就完全改变了。这就是化学变化。例如，铁生锈，木柴燃烧都属于这种变化。大量实践表明，原子是在化学变化中不能再分割的最小微粒，它只能从一种物质的分子中转到另一种物质中去，而它自身不能变成另外一种原子。譬如，铁生锈，是原来铁块中的铁原子与氧化合，生成四氧化三铁分子（铁锈），可是无论铁块中的铁原子，还是铁锈中的铁原子都是一样的。

那么说原子是在化学反应中不能分割的最小微粒，是不是就可以认为原子是永远不能再分割的最小微粒呢？不是的。我们说原子不能再分割是有条件的，这个条件是指化学反应而言的。如果不是化学反应，而是核反应，那么原子本身就要发生根本的变化。现在人们知道，每种元素的原子都有复杂的结构，它们是由更小的微粒组成的。

按照现在的观点，原子是由原子核和核外电子组成的。原子核在整个原子的中心，它是由带正电荷的质子和不带电的中子构成的；电子围绕原子核飞速旋转，它带有负电荷。

在正常的状况下，原子是不显电性的，或者说是显中性的。由此可以推断，原子中质子所带的正电荷总数与核外电子所带的负电荷总数应该相等。每个质子带一个单位的

正电荷，每个电子带一个单位的负电荷，所以在原子中质子总数应该等于核外电子总数，而两者又都等于该元素在周期表中的原子序数。

在原子结构中最简单的莫过于氢原子了。它的原子序数等于1，因而原子核具有1个质子，核外有1个电子。在中性的氢原子中核外电子与原子核的距离大约为 0.53 \AA ($1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-8}$ 厘米)。当然，氢原子的核外电子与核间的这个距离是有条件的，只有当该原子处于正常状态，或者说它处于非激发状态时，两者之间的距离才是这样的。

如果将氢气加热或者使电火花通过它，那么氢原子便被激发：绕核旋转的电子便由半径为 0.53 \AA 的轨道跃迁到离核更远的新轨道。这个新轨道的半径是 2.12 \AA ，为原来轨道的四倍。当电子激发时需从外界吸收某些能量（热能或者电能等）。电子从外界吸收的能量越多，那么它跃迁得离核越远（图1）。

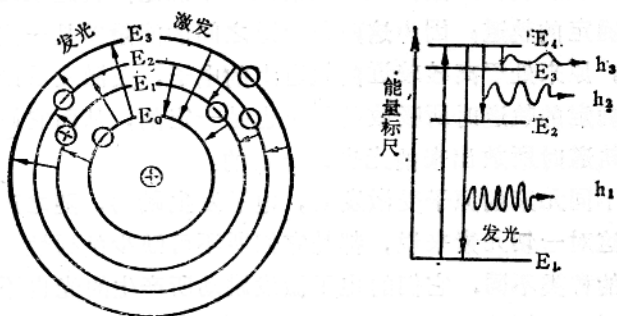


图1 物质受激后发光示意图

如果把电子激发到离核第三条轨道上去，它的半径是第

一条轨道半径的九倍。电子远离原子核从一级跃迁到另一级时，这些级的高度完全不一样，它们之间的关系，是呈连续整数的平方之比： $1^2:2^2:3^2:4^2\cdots$

处于某一轨道中的电子都保持着一定的能量。当电子从低能级的轨道跃迁到高能级的轨道时，它便从外界夺取一部分能量，这部分能量在数值上刚好等于两轨道能量之差。当电子从高能级的轨道跳回低能级的轨道时，它便把当初从外界夺取来的那部分能量以光的形式释放出去。光就是这样产生的。

光是什么样的呢？是黄色的、绿色的、蓝色的、紫色的，还是肉眼看不见的呢？光到底是啥样的，这取决于电子究竟从一个能级跃迁到哪个能级。因为电子跃迁时只要使它与核的距离发生变化，那么，它就有能量的得失，因而也就伴随着有光的产生。能量得失多少的不同，产生光的类别也就不同。

实践表明，元素的电子只能从一个确定的轨道跃迁到另一个确定的轨道；因为这两条轨道之间的能量差是一定的，因此，原来处于离核较近的轨道上的电子，受激发后跃迁到另一确定的轨道时所吸收的能量也是一定的，从而它跳回原来的轨道时所放出来的光也是一定的。

不同元素的原子受激发后，电子发生跳动，随之产生出光。这对一切元素来说，都是它们所不可缺少的通性。然而元素的种类不同，它们的电子激发跳动所产生的光也不同。这是可以理解的。因为不同元素的原子中两条轨道的能量差是不一样的，这就决定了电子从一个轨道跳到另一个轨道时，所吸收或放出的能量不同，因而产生的光也就不同。这就好比不同年龄的孩子跳高一样，大孩子跳得高一些，花费的

力量就大一些；小孩子力气小，因而就跳得低一些。

除了氢原子外，其它元素的原子都有两个以上的电子，这些原子被激发时，由于这些电子跃迁时吸收或者放出的能量不同，因此，必然发出各种光线来。

三、形形色色的光

雨过天晴，那被雨水洗涤过的蓝天上，往往会出现一道长虹：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，宛如节日的礼花当空飞舞，又象动物园中的孔雀开屏绚丽多姿。

这美丽的景色从何而来？我们都知道，这是太阳挥舞它的光焰的彩笔，在蓝天上绘制的图画。

这么说，是不是所有的光都有颜色，都能看得见呢？

为了回答这些问题，我们先从水波产生的过程开始，来揭示一下光波与其相似之处，进而说明形形色色光产生的原理。

波的产生过程很容易在水中观察到。在日暖风和的天气，清彻的湖面上会荡漾着轻轻的涟漪；而在狂风怒吼的风雨天，大海却涌起掀天的巨浪。当我们把一块石头投进水中，便激起一圈圈圆波向四面传播开去，这些波的产生，是因为落水的石头引起某些水分子的振动。由于水分子和水分子之间有吸引力，一些水分子振动了，势必牵扯着周围的水分子也随之振动。结果，一圈圈的圆波便沿着水面传播出去。

在受激发的原子中，电子由离核较远的轨道跳回到离核较近的轨道时，同样也引起它周围介质的振动，这就产生了电磁波。当然，这种波与水波是有着本质的差别的。

一种波同另一种波的差别往往表现在波的性质和波长方面。无论水波还是电磁波都有长波和短波之分。在每个波中都可以分出波峰和波谷。相临两个波峰之间的距离叫波长。

如果向水中连续投些小石子，那么在水面上便产生许多短波，它们波峰间的距离都是很小的。假如向水中扔一块大石头，那么就会产生波峰间相距很大的长波。

太阳光从表面看来，好象是一种白光，实际上它是由各种波长的电磁波组成的。我们肉眼所能观察到的电磁波的波长从 4000 \AA 到 8000 \AA ，凡是波长大于 8000 \AA 或者小于 4000 \AA 的光，我们的视觉就分辨不清了。

为了了解太阳光的复杂性，可将一束很窄的光通过玻璃棱镜，这时阳光的各个组成部分便被分离开来，形成彩色的光带，其中有红色的、橙色的、黄色的、绿色的、青色的、蓝色的和紫色的。这种彩色相间的光带叫做光谱。

雨后所以常常出现彩虹，就是因为空气中残存的微细的水珠起着玻璃棱镜的作用，它将阳光分成七色。细心的旅客们一定会发现，当列车喷着白气迎着朝阳前进时，常在车头附近出现彩虹。这也是微细的水珠将太阳光分离的结果。

图2表明可见光和不可见光。在可见光线的上方（波长很短的光）和下方（波长很长的光）都是不可见的光。在紫光的外边出现的波长更短的不可见光叫做紫外线。如上所述，人们肉眼所能辨别的阳光，仅仅是波长从 4000 \AA 到 8000 \AA 的部分，超出这个范围人们凭肉眼就无法识别了。

在自然界中，还存在着波长比紫外线更短的光。这就是 x 射线和 γ 射线。

x 射线是1895年德国物理学家伦琴发现的，所以又叫伦琴射线。他在一只空气稀薄的玻璃管中，通过一束高速的电子流，发现被电子流冲击的地方，放射出一种新型的射线。这种射线有巨大的穿透能力，除了密度较大的物质，如金属、骨骼等以外，它都能穿透。

x 射线无论在磁场或电场中都不发生偏转，可见它是不带电的。当 x 射线通过气体时，气体就具有导电的能力。这是由于气体在 x 射线的作用下，生成了带有正电和负电的气体离子。

气体离子的产生对于原子中含有电子的事实提供了新的证据。显然，在 x 射线的作用下，电子从气体的中性原子和分子中逸出，从而使这些原子和分子带上正电荷；与此同时，另一些气体分子与被击出的电子相结合，变为带负电的离子。因此， x 射线的发现，对于揭示原子结构的秘密有着特殊的功绩。

在光的大家庭中，还有一位行踪诡密的成员，它就是 γ 射线。它比 x 射线波长更短，穿透能力更强，3 至 5 毫米厚的铝板不能将它阻挡，甚至 30 厘米厚的铁板也被它洞穿。这是一只多么锋利的无形飞箭！

γ 射线与 x 射线的另一个不同点在于，前者是放射性物质自发地放出的射线，后者系物体受到高速电子流冲击之后所放出的一种射线。

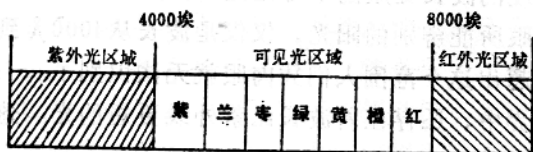


图 2 太阳光谱

γ 射线是法国的物理学家贝克莱尔发现的。在 1896 年，他把铀盐放在太阳光下曝晒，然后将其放在用黑纸包裹的照相底片上，经过一段时间将底片冲洗，发现底片已经感光。他从这个实验推断，这种射线是荧光物质在阳光照射下发出

来的。但是，他进一步发现，不经过曝晒的铀盐也能使照相底片感光，而且所有的铀盐不管它有无荧光，都能发射这种特殊的射线。不仅铀盐具有这种性质，而且钍、钷和镭等的盐类也有类似的辐射。这类物质就是前面提到的放射性物质。

四、热光源

原始人类照明和取暖的篝火，古老乡村的松明、煤油灯以及近代的电灯都叫做热的光源。在热的光源中是靠着的物体发光的。在电灯里虽然没有火焰，但它仍属于热的光源，因为电灯是靠着的白炽的钨丝发光的。

对有些热的光源来说，火焰、热量和光亮是紧密联系在一起，如松明、煤油灯等；而对另一些热的光源来说，火、热和光三者之间并没有必然的联系，例如，化学实验室中常用的气体的火焰几乎不发光；厨房中煤气炉的火焰也只能闪烁着微弱的光亮。

另一方面，在不少情况下，还会产生所谓无焰的燃烧，有些物质（如无烟煤）燃烧时几乎没有火焰。

在放射冷光的情况下，人们所观察到的光完全没有火焰。

那么到底什么叫火焰呢？

火焰就是赤热的气流。假如在火焰中只存在着一种可燃性的气体，那么它的火焰几乎是无色的，这样的火焰对于照明很不适用。譬如，在煤气灯的光焰下就不能读书。

一般说来，当火焰中出现炽热的固体微粒（碳粒、烟炱等物质）时，它才能发出光亮来。

一般烧柴的火焰乍看起来似乎很弱。其实这种火焰的温度是很高的，¹¹大约 800°C 左右。在这样的温度下，锡、铅和铝都能熔化。达到这么高的温度时，火焰中的碳粒就变成赤热

的，并赋予火焰以光亮。

物理定律表明，任何物质在冷的状态时越黑，那么它受热发光时越亮。譬如，取一小块白磷，在它上面用黑色染料涂上标记，然后在隔绝空气下加热。当加热到很高温度时，白磷便开始发光，并且涂黑色标记的地方比空白地方亮得多。与此类似的，黑色的碳粒受热时比气体发出的光强得多，因为气体在冷的状态下其颜色比碳粒浅得多。

那么为什么在冷的状态下黑的物质受热时发出的光就亮呢？

为了回答这个问题，必须弄清楚什么是“黑”，什么是“白”。也许有人感到很奇怪，连三岁小孩都能分清黑和白，难道还有必要研究它们吗？乍听起来，这话似乎有道理。其实，问题并不那么简单。可以说只有科学才能对这个问题作出精确的回答，并且对各种物质的黑白程度得出定量的结果。

当光线照射在某种物体上时，发生什么现象呢？回答是，一部分光穿透过物体；另一部分光从物体上反射回来；其余那部分光则被物体吸收。假如大部分光穿透过某物体，那么，我们就说它是透明的；例如，玻璃能把照在它上面75%的阳光透过去。此外，薄层的水是透明的，纯净的空气也是透明的。如果某物质把照在它表面上的光，全部或绝大部分反射回来，那么，这种物质看上去就是白的。例如，洁白的纸，刚下的雪，新制的氧化镁粉末，都能将90%以上的阳光反射回来。

如果某物质把照在其表面上的光大部分吸收了，那么，这种物质看上去就是黑色的。被吸收光线的百分率越大，该物质也就越黑。烟筒和黑色的丝绒差不多把99%的入射光都