

大众科学识丛

冷光

奥列斯托夫著



科学技术出版社

本書提要

光有冷熱嗎？有。那麼什麼叫做熱光，什麼叫做冷光？

本書先從“光是什麼”談起，然後談到可見光和不可見光，再談到什麼是熱光，什麼是冷光，以及冷光在技術和日常生活中的應用；非但對於學物理的學生和照明技術工作者有一定幫助，就是對於一般讀者，也不失為一本良好的科學常識讀物。

總號：1927

冷 光

ХОЛОДНЫЙ СВЕТ

著 者：И Л Орестов

原出版者：Гост хиздат, 1957

譯 者：孫

出版者：科 學 技 術 出 版 社

（北京市西便門外莊家園）

北京市書刊出版業營業許可證

發行者：新 華

印刷者：北 京 市 通 州

開 本：787×1092 $\frac{1}{2}$ 印張：

1959年5月第 1 版 字數：

1959年5月第 1 次印刷 印數：

統一書號：15051.24

定 價：（9）1角3分

目 次

緒言	1
1. 光是怎样产生的	3
2. 可見光和不可見光	7
3. 热、火和光	9
4. 什么是“冷”光	16
5. “冷”光源	21
6. 技术和日常生活中的冷光	28
結束語	36

緒 言

遠古以來，在人的概念中，就把熱、火和光聯繫在一起了。太陽同時給予人們以熱和光。當太陽落到地平綫下、夜幕降臨大地時，人們便在屋子裡點起松明、油燈、煤油燈，用這些人造光來照明。在所有這些情況下，光是跟火和熱同時出現的。火、熱和光看來是不能分開的，總是一起存在着的。

但是，在自然界中也可以發現有一種“冷的光”，一種沒有火的光，“只發亮而不發熱”的光。老百姓經常跟自然界接觸，很早就發覺了這個有趣的現象，並且在童話裡講到這個現象。我們還記得，在童話“駝背的馬”裡是怎樣敘述神鳥長着有魔法的羽毛夜間在曠野裡發出不平凡的光的：

“周圍閃耀着美妙的光，但既不發熱，也不冒煙……光有五頂小帽子那麼大小，可是既沒有熱也沒有煙；好一個奇妙的火光！”在這個人人都知道的童話裡，作者——俄國詩人葉爾曉夫利用了西伯利亞農民的傳說。

我國^①南方在暖和的七月的夜里，在草地上常常可以看到一个个天藍色的小星星在閃發着亮光。這就是小小的螢火虫(圖1)。在它們的腹上有一小塊暗淡的光亮在閃爍着。

旅行家們經常講到含有大量小動物——水母——的海水發光的故事。在鄂霍次克海、黑海和地中海，可以看到海水發光的現象。在太平洋的加利福尼亞灣，這種現象特別顯著。

^① 指蘇聯。一般地說，蘇聯的氣候比我國寒冷，所以要到南方，才有螢火虫。——譯本出版者

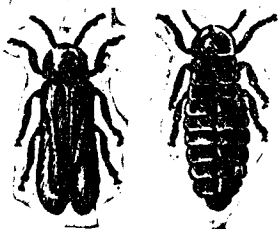


图1 夜螢屬的螢火虫

許多生物，象細菌、昆虫、魚类（图2）、甲壳动物、軟体动物等等，都有放射“冷”光的能力。

发光的昆虫种类特別多，大約有2,000种发光的甲虫，还有許多种蚊子也会发光。

有些生活在海洋深处的魚，在眼睛的下方或嘴巴附近，有两盏“灯”射出强烈的光芒。这是生活在魚身上的发光細菌的菌落（細菌的群体）在发光。

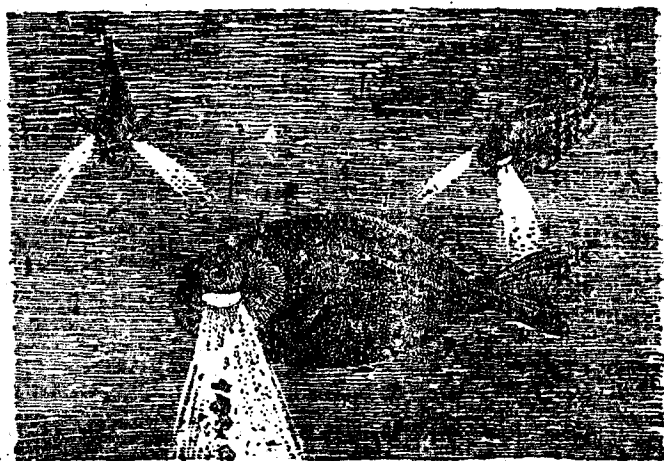


图2 发光的魚

动物的发光，無論在亮度方面或是在顏色方面都是形形色色的。发光动物所发的光量，同普通光源所产生的光比較起来，是很小的。动物发出的光多半是綠色或淡藍色的；很少見到有发出淡紫色的光的；淡紅色的光就更少見了。

动物不是整个身体都发光的，只有身体的某一部分或几

个部分发光。它們也不是永远发着光的。有些动物只是在受到什么刺激的时候才发光，比如夜光水母是在受到机械振动（船只的行駛、桨在水面上的拍击等等）的时候发光的。

腐烂物質象腐魚、腐肉等也会发出“冷”光。林边腐烂树根所发出的光，往往使孩子和迷信的大人見了大吃一惊。

在別的一些場合下，我們也可以見到物体发冷光的現象。有一些气体、液体和固体結晶物質，把它在有光的地方放一段時間后，就会发出“冷”光来。比如重晶石矿石，如果先把它加高热，它就会呈现这种性質。太阳光照在煤油上，煤油便发出浅藍色的光。

在科学上，通常把“冷”光叫做荧光。現在，科学家們已把这种光的性質研究得十分清楚了，而且已經創造了人造的“冷”光源——气体发光管、荧光灯和水銀灯、发光粉——結晶磷光体；在日常生活上和技术上，人造的冷光源和发光粉愈来愈获得广泛的用途。

可是物体发出的“冷”光究竟是什么呢？“冷”光为什么产生和怎样产生呢？“冷”光普通的“热”光有什么区别呢？人們是怎样掌握了“冷”光的秘密，并使它适应人們需要的？这本小册子就要談談这些問題。

1. 光是怎样产生的

为了了解冷光的性質，首先應該知道光是怎么一回事。在自然界中，光是从哪里来的？光是在什么地方产生和怎样产生的？現在先来談談关于物質构造的知識，它可以帮助我們回答以上这些問題。

我們周圍的一切物体都是由很小很小的顆粒——原子和分子——构成的。

在自然界中，存在着各种不同的原子：氢原子、铁原子、硫原子等等。目前，已经知道有100种以上不同的化学元素。每一种元素都是由化学性质相同的原子组成的。

各种不同的物质，它们的一切性质都取决于这些物质是由哪些原子组成的以及这些原子在分子中是怎样排列的。

有很久一个时期，人们认为原子是物质不可分割的和不变的微粒。现在我们知道，一切元素的原子的结构都是很复杂的，原子是由一些更小的粒子组成的。

按照现代的概念，每一个原子的中心有一个核，原子核由带正电的粒子——质子——和不带电的粒子——中子——组成。在原子核的周围，隔着相当大的距离，有许多比原子核轻得多的极小的粒子——带负电的电子——环绕着原子核旋转。每一个电子带有一个单位的负电。质子所带的正电量同电子所带的负电量是相等的。

在正常的状态下，原子在电性上是中性的。因此，很容易推断出，原子核中质子的数目应该和环绕原子核旋转的电子的数目相等。

每个元素的原子核带有多少电荷和环绕它旋转的电子数目有多少？这个问题可以利用门捷列夫周期表来加以回答。在周期表中，所有的元素都是按一定次序排列的。这种排列的次序就是，任何一个元素原子核中的质子数等于该元素在周期表中的原子序数。电子的数目也与原子序数相等。例如，锡的原子序数为50；这就是说，锡的原子核中含有50个质子，而环绕着原子核旋转的有50个电子。

氢的原子结构很简单。这个元素的原子序数等于1。因此，氢的原子核中含有1个质子，而沿着叫做轨道的路线环绕原子核旋转的有1个电子。在正常的氢原子中，原子核

和电子之間相隔的距离等于五千三百亿分之一厘米或0.53埃
①。原子只有在正常状态即一般所謂未激发状态下才保持着这个距离。

如果将氢加热或在其中通过电火花，那么氢原子就受到激发，沿着半径0.53 Å的軌道环绕原子核旋轉的电子便跳到离原子核更远的新的軌道上去(图3)。这个新的軌道的半径比最初的軌道的半径大3倍，即等于2.12 Å。当受到激发时，电子便从外部夺取一部分能量(燃烧热、放电的电能量等等)。电子夺取的能量愈多，它离开原子核的位置就愈远。这样，便可能使电子跳到第三个軌道上去，这个軌道的半径比最初的軌道大8倍。电子离开了原子核，从一个“梯級”跳到另一个“梯級”，并且每一个“梯級”的高度②都不相等，各級高度的比是連續整数的平方的比： $1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2 \dots\dots$

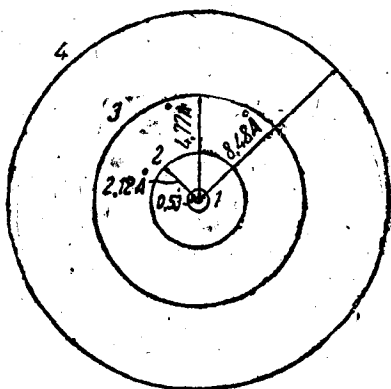


图3 氢原子的示意图：1—未激发的原子的軌道；2、3和4—激发了的原子的軌道

当电子停留在一个軌道上时，它仍旧保持着跳到这軌道上来时所夺取的全部能量；只要它始終停留在这軌道上，它所儲备的能量不变。

但是电子几乎永远不会在远离原子核的軌道上停留很久

① 埃——一种特殊的长度单位，等于一万万分之一厘米，简写为 Å。

② 这里所謂“梯級”的高度，也就是指軌道半径。——譯本出版者

的。电子进入这个轨道后，只能在上面停留几十万分之一秒的时间，接着便回到离原子核较近的轨道上去，同时把它以前所夺取的那部分能量以光能的形式释放出来。这样便产生了光。

这种光是怎样的光呢，是黄的、绿的、蓝的、紫的还是肉眼完全看不见的光呢？这一点，要看电子是从哪一“级”起跳和跳到哪一“级”，也就是说，要看电子与原子核之间的距离是怎样变化的。

科学家已经查明，原子中每一个电子只能从一个固定的

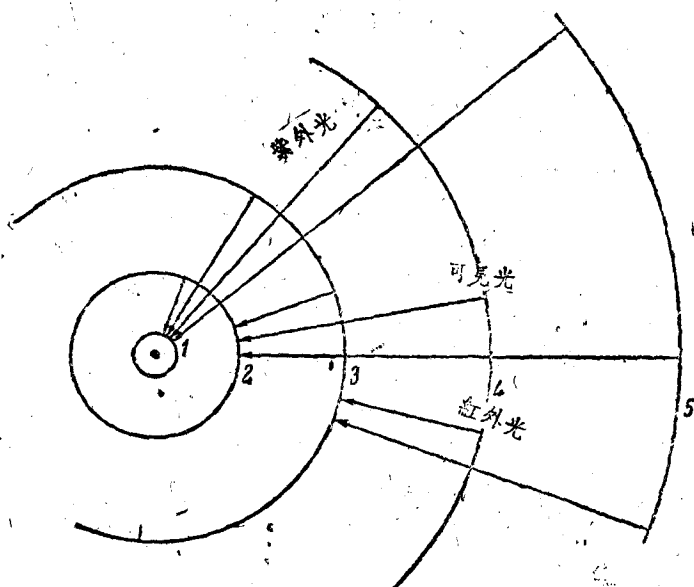


图4 氢原子放射光谱的情形。电子从任何一个远离原子核的轨道跳到最靠近原子核的（第一个）轨道上时，放射出紫外光；当跳到离原子核的第二个轨道上时，放射出光谱可见部分的光；当跳到第三个轨道上时，放射出红外光

軌道跳到另一個固定的軌道；所以原子在激發後只能放射出這種元素的原子所特有的固定的光綫(圖4)。

有些元素的原子中電子的數目很多，這些元素的原子受到激發後，便放射出許多不同的光綫。

2. 可見光和不可見光

原子受到激發後放射出來的光綫，有的我們肉眼可以看見，有的我們肉眼看不見。可見光和不可見光的區別是什麼呢？

科學已經證明，光就是電磁波的流。

在水中最容易觀察到波的形成。把一塊石頭扔在水里，一圈一圈的波便從這塊石頭的周圍向四面八方散開。波的形成是因為石頭使水的微粒發生了運動。這些微粒把振動傳給相鄰的微粒。結果，波便在水面上向四面八方傳播開去。

原子在激發後，其中的電子便從離原子核較遠的軌道跳到離原子核較近的軌道上，於是也就使這些原子周圍的介質產生了振動——電磁波。當然，這種波的性質是和水面上產生的波的性質不同的。

波有不同的性質和波長。不論水面上產生的波，或是電磁波，都有長波和短波之分。我們可以辨別出每一個波的波峰和波谷。兩個相鄰波峰峰頂之間的距離就叫做波長。

如果把小石頭一塊接着一塊地往水里扔，那麼在水面上便形成了許多短的波，這些波的波峰之間的距離很小。如果往水里扔一塊很大的石頭，那麼在石頭掉進水里的地方就出現了一圈圈的長波，這些波的相鄰波峰之間的距離很大。顯然，在同一區域內容納短波的数量要比容納長波的数量多得多。而且，長波的振蕩頻率也自然要比短波的振蕩頻率小。

一个波的波长比另一个波的波长大多少倍，它的振荡频率也就只有那个短波的振荡频率的几分之一。

不过，电磁波与水面上的波在性质上有着显著的区别，而且这两种波的波长和振荡频率也不相同。

太阳光在我们看起来是白色的，实际上却是不同波长的电磁波流。我们肉眼可以看见的电磁波，它的波长从0.4微

米(一微米等于一千分之一毫米)即4,000埃到0.8微米(8,000埃)。所有波长超过0.8微米和小于0.4微米的波，肉眼都是看不见的。

要说明太阳光的复杂组成是很容易的，这只要让一束狭狭的光通过一个稜镜就可以了。

这样一来，太阳光便分解为各个组成部分——各种颜色的光线，其中有红色光、橙色光、黄色光、绿色光、蓝色光、靛色光、紫色光。如果使这些不同颜色的光线投射在一张白纸上，那么我们便得到一条彩带，带上一种颜色变为另一种颜色。这样的带叫做光谱。

天空中出现虹的时候，我们也可以见到太阳光的光谱。虹的产生是由于太阳光照在极小的雨滴上分解为光谱；在这种情况下，雨滴起了天然稜镜的作用。

图5是肉眼可以看见的光线和肉眼看不见的射线的标尺。在这标尺上，可见光以上是短波射线，可见光以下是不可



图5 电磁振荡的光谱

見的长波射綫。在紫色光的上面还有波长更短的不可見射綫——紫外綫。人的眼睛只能感受波长从 $\frac{4}{100,000}$ 厘米到 $\frac{8}{100,000}$ 厘米也就是从4,000埃到8,000埃的太阳射綫。

在自然界中存在着比紫外綫的波长更短的射綫，这就是X射綫和 γ 射綫。这两种射綫是肉眼所看不見的，但是不难利用照相底片和特制的胶卷予以察知。在太阳光的光譜中沒有X射綫和 γ 射綫。

在紅色光的下面，还有波长更长的不可見射綫——紅外綫。

紅外綫对普通的照相底片是不起作用的，但是把一个溫度計放在光譜的不可見部分，就能发现紅外綫使溫度計中的水銀立刻开始上升。以前甚至把紅外綫叫做“热”射綫，因为所有热的物体都放射紅外綫。人的身体也放射紅外綫。現在有一种專門的照相底片，可以在紅外綫的“照耀”下拍摄物体的照片。

在自然界中存在着波长比紅外綫还长的电磁振荡，这就是无綫电技术上应用的电磁振荡：电视播送用的超短波、特别利于收听远地无綫电台的短波、苏联大部分无綫电台用来进行无綫电发射的中波，以及波长达数千米的长波。

3. 热、火 和 光

史前时期人类照明和取暖用的篝火、古时候乡村里点的松明、火柴、煤油灯和现代的电灯，这些都叫做热光源，因为光是由其中的熾热物体发出来的。电灯泡里沒有象篝火那样的火焰，但是道理还是一样：电灯泡仍旧属于热光源，因为电灯泡的光是靠烧到白热的金属鎢絲发出来的。

但是火(火焰)、热和光不一定总连在一起。有的火焰几乎不发光。例如实验室里化学家们用的煤气喷灯的火焰就几乎没有光。厨房里煤气灶的火焰只发出微弱的闪光。酒精灯的灯芯如果不含杂质，周围的空气又很清洁，那么这种灯的火焰发出的光也是极微弱的。

另一方面，我们知道有不少所谓无焰燃烧的例子：物质在燃烧，却不见火焰。例如冒着烟徐徐燃烧的煤块就没有火焰。至于发“冷”光时，发光物体发出的热却非常少，并且完全没有火焰。

什么是火焰？火焰是一股燃烧的气体。如果火焰中只有一种热的气体，那么火焰几乎是无色的，这样的火焰不适合作照明用。比如我们不可能借煤气灶火焰的亮光来看书。

通常，当火焰中出现了象炭、炭黑等炽热的固体微粒时，火焰才开始发光。

火柴的火焰初看起来似乎是很微弱的。实际上这种火焰的温度相当高，大约有800度。锡、铅、铝在这样的温度下都会熔化。在这种火焰中，炭微粒被烧到这样高的温度，就使火焰发出光来。

物理学上有一条定律：任何物体在冷的状态下颜色愈黑，加热时它所发出的光也就愈亮。举个例说，取一块白磷，用黑色的耐火涂料在上面画上图画。将这块白磷加热，比如加热到3,000度。在这样高的温度下，恰恰在涂了黑色涂料的地方发出的光最亮(图6)。黑色炭微粒的情形也是这样；如果将它烧红，那么它所发出的光比一般在冷的状态下无色的或颜色很浅的气体要亮得多。

如果有一种物体，在冷的状态下比所有其他物体的颜色都黑，那么它在烧到很高的温度时发出的光应该最强。这是

怎么样的一种物体呢？哪一种物体在亮光下比所有其他的物体都黑呢？

为了回答这个问题，我们首先要弄清楚什么是“白”和什么是“黑”。骤然看来，似乎这里没有什么可以研究的。但是问题并不这么简单。只有科学才能对这个问题作出正确的回答。不但如此，科学还提供了用数量来鉴定各种物体黑度或白度的方法。

光线投射在某一物体上，它会发生什么样的变化呢？这时，一部分光线通过物体，另一部分光线从物体上反射出去，还有一部分光线被物体所吸收。如果大部分光线都通过物体，那么我们说，物体是透明的；例如窗玻璃可以通过投射在它上面的全部太阳光线的75%，所以窗玻璃是透明的（其余的太阳光线，一部分反射出去，一部分被玻璃所吸收）。还有，薄薄的水层和清洁的空气也是透明的。如果物体把投射在它

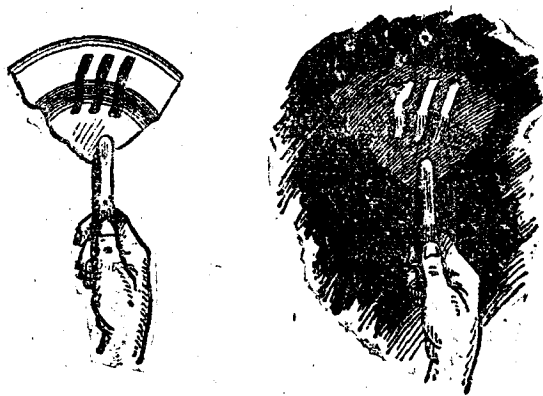


图6 如果用黑色的耐火涂料在一块白磷上画上图画（左），那么把白磷烧到很高的温度时，白的地方在黑暗中显得发黑，而黑的图画在黑暗中发出耀眼的亮光（右）

上面的光綫全部或几乎全部从表面反射出去，那么物体看起来就是白的。例如，一张非常干净的白紙可以反射90%以上的太阳光綫；刚下的雪也可以反射大部分的太阳光綫。物理学家把刚配制成的氧化鎂粉当作最白的物質，它几乎能把投射在它上面的全部光綫反射出去。

当投射在上面的光綫大部分被物体所吸收时，物体看上去就是黑的。吸收光綫的百分率愈高，物体就愈黑。炭黑是非常黑的；还有，黑絲絨几乎吸收了投射在它上面的光綫的99%，所以也是非常黑的。但是所有这些物体仍然不能說是完全黑的，因为它们还是反射了光綫，虽然反射出去的光綫只有1%。怎样才能制造成一种黑的物体，实际上可以吸收全部投射在它上面的光綫呢？

下面的試驗做起来是并不怎么困难的。取几块不大的硬紙板或胶合板，将它涂上黑色，然后粘牢在一起，做成一个象儿童玩的积木似的小盒子。在盒子的一面，用針穿一个很小的孔(图7)。

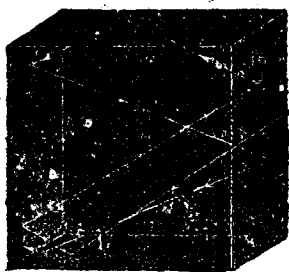


图7 光綫穿过小孔射入盒子里，在盒子內壁上經過多次反射，不再从小孔里反射出来；小孔看上去是完全黑的

現在我們把盒子放在太阳光下面，讓太阳光从小孔里照进去。这些光綫在盒子里将发生什么变化呢？

光綫通过小孔，射在盒子的底面上，这时大部分的光綫被盒子的壁所吸收，只有一小部分从壁上反射出去，投在另一个壁上，投在壁上的这小部分

光綫，其中大部分又被吸收，只有一小部分反射出去，投在又一个壁上，这样不断地反复下去。反射光綫每一次投在壁上时，其中一部分便被壁所吸收，只有一部分反射出去。这样，反射的光綫当然就一次比一次减少。到了最后，光綫在盒子内部經過了多次吸收和反射，实际上完全被盒子的壁所吸收。没有一点光綫从小孔往外反射，小孔看上去是黑的。小孔就是我們想要得到的那个“绝对黑体”。要知道，要使物体成为绝对黑的，只需要一个条件：物体必須吸收所有投射在它上面的光綫。不論用什么材料做的盒子都能出色地做到这一点。

在一个阳光普照的明朗的日子里，我們不妨試向一間大屋子的涂了白灰泥的墙上望去。如果屋子里的窗是开着的，那么我們从老远望过去，屋子里就什么东西也瞧不見，窗口看上去象是一个个黑窟窿。其所以发生这种现象，是和我們刚才做过的那个試驗的道理一样的。

还可以用另一种方法做成绝对黑体。取一束針，密密地疊在一起，从針尖那头看过去，針的这一面似乎完全是黑的。这是由于光綫投在針尖之間的間隙里，在針上多次反射和吸收后，不再能跑出来，就如同上面所說的小盒子的情形一样。

黑絲絨或炭黑也是由于同样的原因所以才这样黑的：絲絨的表面完全是由分布非常密的一条条細絨絲所組成，而炭黑的表面是由极小的顆粒所組成。光綫投在这些表面上，經過絲絨的絨絲或炭黑的微粒多次反射，每一次都有一大部分光被吸收，只有一小部分的光反射出去。到了最后，从这些表面上往外反射的光就变得非常少，少到性質上跟绝对黑体相似的程度。

現在把剛才那束針放在火上燒紅。我們看見針尖那一面發出了很亮的光，而這束針的側面只反射出很微弱的光。

從這些試驗中可以得出一個非常重要的結論：一個物體在冷的狀態下吸收光的能力愈強，那麼加熱時物體發出的光就愈強。

實際上，絕對黑體是在上世紀末叶由科學家維恩和盧姆美爾最先作成的。他們應用的是內部塗黑了的黃銅做的圓柱體。在圓柱體上鑽了一個小孔。圓柱體外面用皮套子包着，經過皮套子通入熱的蒸汽。這樣做是為了使絕對黑體的溫度保持不變，既不讓它上升，也不讓它下降，同時也為了研究絕對黑體在不同溫度下（溫度在試驗中不應有所變化）的性能。

原來，要是使這種黑體的溫度保持不變，那麼通過這物體的孔放射出來的光量便等於物體所吸收的光量。如果物體放射出來的光量大於它所吸收的光量，物體就會逐漸冷卻；反之，如果物體吸收的光量大於它所放射出來的光量，那麼物體就會逐漸變熱。我們根據插在黑體中的溫度計上的讀數，可以看到這種變化。如果溫度計上指示的溫度既不上升，又不下降，這就表示我們的絕對黑體吸收了多少便能放出多少能。科學家把物體的這種狀態叫做平衡狀態。在這樣的狀態下，物體儲備的總能量保持不變。

如果我們開始加熱黑體，平衡狀態便受到破壞，物體也就開始吸收我們“供應”給它的能量。但是一旦我們使黑體的溫度保持固定，物體便又回復熱平衡狀態。

我們以上對絕對黑體所作的討論，引起了這樣一個問題：我們周圍能發光的物體又是一個怎樣的狀況呢？原來，熱光源（蠟燭、燈泡、甚至篝火）大部分都相當接近於絕對