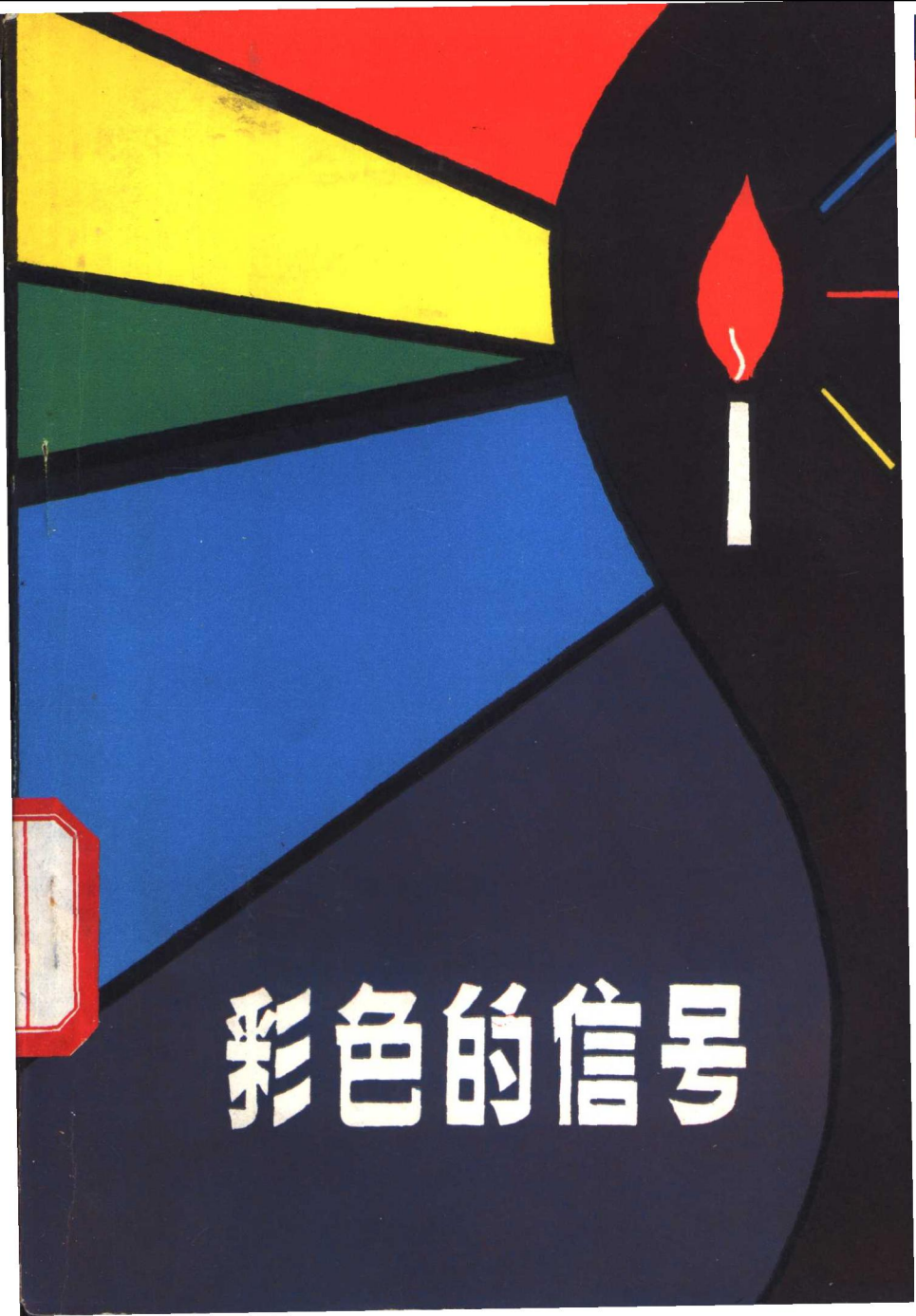
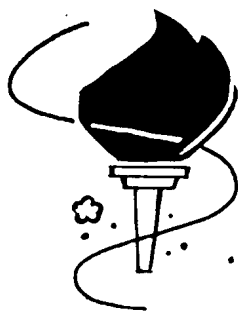


An abstract graphic design featuring a large black silhouette of a head in profile, facing right. Inside the head is a red flame and a white candle. The background is divided into several large, colorful geometric shapes: a red triangle at the top, a yellow triangle to the left, a green triangle below the yellow one, a blue triangle below the green one, and a dark blue shape at the bottom. A small red rectangular label with a white border is located on the left side of the image.

彩色的信号

彩色的信号

汪旭新 编著



云南人民出版社

责任编辑：林德琼

封面、插图：陈 琦

彩 色 的 信 号

汪旭新 编著

*

云南人民出版社出版

(昆明市书林街100号)

云南新华印刷厂印刷 云南省新华书店发行

*

开本：787×1092 1/32 印张：3.5 字数：66,000

1981年4月第一版 1981年4月第一次印刷

印数：1—2,240

统一书号：13116·65 定价：0.30元

目 录

一、彩色的信号

彩虹.....	1
牛顿的发现.....	2
七色光是怎样出现的.....	4
火焰的颜色.....	6
颜色玻璃和有色溶液.....	8
分光镜.....	9
彩色的信号——光谱.....	11

二、初露锋芒，激动人心

旗开得胜.....	14
捷报频传.....	15
预言实现了.....	17
太阳上的“火焰喷泉”——日珥.....	19
八年的期待.....	22
太阳物质的发现.....	23
遇到了新问题.....	26
一个跳蚤的重量.....	28

征求答案.....	30
曾经捉住过的气体.....	32
重新抓住它.....	34
一个“懒汉”.....	36
一封来信.....	37
意外发现.....	40
低温的胜利.....	42
对空气的大搜捕.....	43
大气中有多少“懒汉”.....	46
不断探索.....	50
地球的年岁.....	52

三、引人注目的功能

彩色信号与化学成分.....	54
精确可靠的分析方法.....	56
灵敏的分析工具.....	58
定性与定量.....	60
冶金工业中的侦察兵.....	64
采矿和地质学中的尖兵.....	67
特殊的功能.....	68

四、在探索原子结构的奥秘中大显身手

有规律的信号.....	70
物质世界的结构奥秘.....	73

面包夹葡萄干的原子模型.....	75
原子大厦的奠基石.....	77
彩色信号与原子结构.....	81
电子的自旋.....	84
原子核的自旋.....	86
周期表的实质.....	87
分子的信号.....	88

五、彩色信号与天体成分

收发对应，分厘不差.....	91
浩茫的宇宙.....	94
太阳系中的九姊妹.....	97
揭开火星的秘密.....	99
广义相对论的验证	102
激光光谱学	104

一、彩色的信号

彩 虹

彩虹，是我们雨后天晴常见到的大自然美景。

雨后天晴，太阳光从逐渐消散的乌云缝隙中间透射出来，透射过天空中飘浮着的灰白色的雾沫水珠，在与太阳相对的天空上，出现一条，有时甚至是两条弯曲的彩色光带。这条七色缤纷、瑰丽多彩的光带，象一座彩桥，横跨蓝天，也像一张彩色弯弓，高高的悬挂在蓝天上。

晃眼看去，彩虹好象是由黄、绿、蓝三种颜色组成的光带。其实，仔细观察一下，你就会发现，彩虹是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫的顺序排列的。

彩虹呈现的美丽景色，千百年来就吸引着人们。我国北宋时代的科学家沈括，一生观察到了很多自然现象，并加以分析和总结，记载在一本名叫《梦溪笔谈》的书里。这部书中有许多关于光学现象的分析。其中，对于彩虹的形成，他是这样叙述的：“虹，雨中日影也，日照雨即有之。”

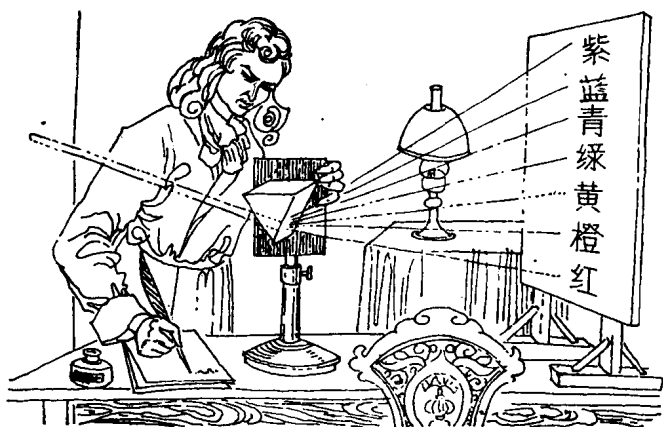
日照雨是彩虹产生的重要条件。但为什么日照雨之后，白色的太阳光会在天空中出现七种颜色的光带呢？当时，由于科学技术水平的限制，沈括没有能解答这一问题。

在这以后，通过人们不断地实践、研究、分析和总结，逐步地认识了光的性质，彩虹形成的原因，才得到圆满的解决。

牛 顿 的 发 现

1666年，著名的英国物理学家艾萨克·牛顿在研究光的折射现象时，做了一个有趣的实验，第一次用人工的方法在实验室中得到了象彩虹一样的七色光带。

牛顿让太阳光通过暗室窗户上的一个小孔射进室内来，让射进来的这一束白色光线经过一个玻璃磨成的三棱镜，三棱镜能使直线前进的白色光线发生偏折，再让偏折以后的光线射到一块白色的屏幕上。



图（1）牛顿和七色光

牛顿发现，屏幕上出现的不是一条白色的光线，而是象彩虹一样由七种颜色组成的光带。这七种颜色的光线中，红色光经棱镜以后的偏折最小，紫色光的偏折最大，其它五种颜色的光线偏折程度界于红色光和紫色光之间。这在当时是一个新的发现，牛顿为此感到十分惊奇。

既然发现了白色光通过三棱镜以后，会分解出七种颜色的光带来，那么，将白色光分解出来的任一种颜色的光，再通过三棱镜，又会出现什么现象呢？

牛顿又让七种颜色中的任一种颜色光线再通过一次三棱镜，看一看是否又会分解出其它颜色的光线来？结果，三棱镜只是使这种颜色的光线传播方向发生偏折，而不会再分解出其它颜色的光线来。

牛顿的这个实验，说明了白色光是由七种颜色的单色光组成的。白色光是复色光。复色光经过三棱镜折射分成各种色光的现象，称为光的色散现象。

千百年来，人类在认识自然、改造自然的斗争中，通过生产斗争和科学实践，对许多光学现象进行了观察、分析和研究，总结和归纳出了光的直线传播定律，光的反射定律和光的折射定律。这就导致必须对光的本性进行探索和研究，到本世纪初才逐渐对光的本性有了正确的认识。

光是一种波长很短的电磁波，它在空间的传播，就和石子投到水面上所引起的水波传播类似，如果遇到障碍物，可以绕过障碍物而传到障碍物的后面去。这是波的绕射现象。因此，光的直线传播定律是近似的，是有条件的。同时，满

足一定条件的两束光波，在空间传播相遇时，相互叠加的结果，会出现一些部分的光增强，另一些部分的光减弱，出现光的干涉现象，呈现明暗相间的干涉条纹。光的干涉和绕射现象，是光具有波动性的主要特征。

此外，光是由一颗一颗的微粒组成的，这些微粒称叫光子。每一颗光子，具有一定的能量。光电效应^①的发现，就是光的微粒性的具体表现。

七色光是怎样出现的？

日常生活中，常常可以见到水面上出现一起一伏的水波。风吹麦浪，抖动绳子，也是我们常常见到的波。我们听到声音，就是声波振动耳膜的结果。

各种波具有不同的特征。水面上出现一起一伏的水波，很象数学中的正弦曲线。正弦波是一种最简单形式的波。

当波源振动了一个周期 T ，波传播的距离为 λ ，（ λ 称叫波长）。如果波的传播速度是 C ，则波长 λ ，波速 C ，和周期 T 之间有以下关系：

$$\lambda = C \cdot T$$

各种波的波长是不同的。光波波长的单位用 $\text{\AA}$ （埃）^②来表示。我们肉眼能看到的光波，波长介于 $4000\text{\AA}$ — $7000\text{\AA}$ 之间。随着光波波长的不同，我们观察到的光的颜色也不

① 在光的照射下，一些金属可以释放出电子的现象，称叫光电效应。

② $1\text{\AA} = 10^{-8}$ 厘米，即 $1\text{\AA}$ 等于1万万分之一厘米。

同。七色光的光波，其波长大致在以下范围：

颜 色	波 长($\text{\AA}$)
紫 色 光	3970—4240
蓝 色 光	4240—4550
青 色 光	4550—4920
绿 色 光	4920—5650
黄 色 光	5650—5950
橙 色 光	5950—6400
红 色 光	6400—7230

白色光就是由波长介于 $4000\text{\AA}$ — $7000\text{\AA}$ 的七种颜色的光组成的复色光。当光波射到两种媒质的分界面上时，一部分光要从一种媒质进入另一种媒质中去，光的传播方向发生了偏折，产生折射现象。可是，同一种媒质，例如玻璃棱镜，它对不同波长的光波折射时的偏折程度是不同的，对波长越短的光波偏折程度越大。所以，当复色光通过玻璃棱镜折射时，紫色光的偏折程度最大，红色光的偏折程度最小，而对波长介于紫色光和红色光之间的五种色光的偏折程度，就介于紫色光和红色光之间。不同波长的光波，由于经过棱镜后的偏折程度不同，就从不同的方向折射出来，形成了七色光带。

凡是复色光经过色散以后，形成按波长顺序排列的彩色

光带，这种按波长顺序排列的光带就叫光谱。

不仅玻璃棱镜具有色散作用，水、石英、萤石等透明物质也具有色散作用。彩虹的形成，就是太阳光经过大气中飘浮着的雾沫状的水珠色散以后形成的。了解了彩虹形成的原因，我们要想看到彩虹，那就随时可以看到。例如，通过喷泉喷出的水柱，顺着太阳光照射的方向看出去；或背着太阳光，向天空喷一口水，透过水雾看出去，都能看到七色的彩虹。

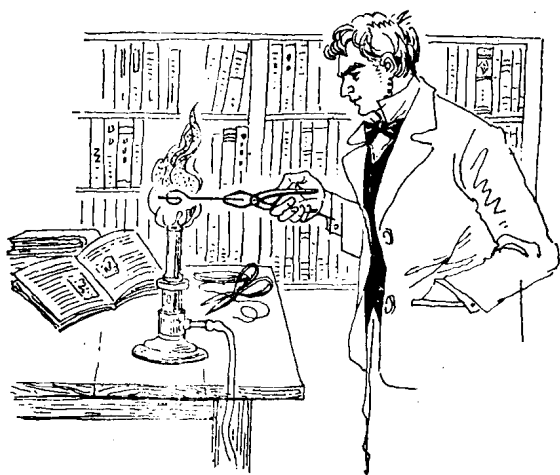
火焰 的 颜 色

在日常生活中，不仅经常可以看到七色的彩虹，要是仔细观察燃烧的火焰，你就会发现有些火焰是有颜色的。

炼铜的时候，燃烧着的熊熊火焰是绿色的。煤的火焰是蓝色的。撒上一把食盐在烧着的火焰上，火不仅烧得更旺，而且火焰的颜色变成了黄色。撒上硝石、钾碱能将火焰染成紫色，苏打或芒硝能将火焰染成黄色。撒上其它一些金属粉末，火焰的颜色又变了。节日之夜，欢放烟火，将天空装饰得五彩缤纷，绚丽多彩，那就是一些物质在高空爆炸燃烧时生成的彩色焰火。

火焰的颜色，是一种非常有用的无声信号。它能象语言一样，告诉人们是什么物质将火焰染成这种颜色的。早在一百多年以前，德国化学家罗伯特·本生就开始注意，并且系统地进行了火焰颜色的研究工作。现在，我们在化学实验室里，常常用到一种温度很高的灯，叫本生灯。那就是当时本

生用来观察火焰颜色的重要仪器。本生灯的燃料是煤气，煤气通过橡皮管从灯的下部通到一根金属管里，金属管的中部有一个小孔，供空气流通。用火柴点着煤气，煤气燃烧起来，发出暗淡的，几乎是没有什么颜色的火焰。白天几乎看不出火焰来，只听到呼噜呼噜的声音。灯焰的温度可达摄氏 2300°C 以上。



图（2） 本生灯

本生把一根细白金丝的一头弯成圆环，用它沾上一点要研究的物质，然后放在火焰上去燃烧。本生发现：凡是含有钠的物质都能将火焰染成黄色；含有钾的物质能将火焰染成紫色；铜能将火焰染成绿色；铯能将火焰染成红色……等等。经过连续不断的实验，本生感到火焰的颜色是一种新的

分析物质成分的方法。这种分析方法不需要复杂的化学设备。关键的问题是要懂得五颜六色的火焰是什么物质燃烧染成的，那么，一般物质的化学成分都可以用肉眼大体判断出来。

颜色玻璃和有色溶液

本生在实验过程中，记录了一些物质燃烧所生成的火焰颜色。他想整理出一张物质及其燃烧火焰颜色的表格，作为一本彩色信号书，只要按照火焰的颜色，就可以确定出物质的化学成分来。

可是，当他试验的物质越来越多时，发现编制这本彩色信号书的困难就越来越大。光凭肉眼要辨别出不同物质生成火焰的颜色，不是那么简单。一些不同物质都能将火焰染成同一种颜色。例如：

钠盐的火焰是黄色的；

混有一些锂盐杂质的钠盐火焰也是黄色的；

混有一些钾盐杂质的钠盐火焰也是黄色的。

这样，光凭肉眼来观察火焰的颜色，确定物质的化学成分是有困难的。

本生想了一些办法，把眼睛武装起来，借助颜色玻璃和有色溶液来帮忙。肉眼透过这些有色的透明物质来观察火焰，只要适当选择玻璃的颜色和配制合适浓度的有色溶液，是能够分辨出一些凭肉眼直接不能分辨的彩色信号。

但是，这并不是一种简便的方法。要选择到恰当的颜色

玻璃或配制好合用的有色溶液很不简单，必需经过若干次选择和配制才行。同时颜色玻璃和有色溶液也不是万能的，它们并不能帮助解开所有的彩色信号。例如，本生就无法选择到一种颜色玻璃和有色溶液能将锂盐和锶盐的深红色火焰区分开来。

利用彩色信号来分析物质化学成分是否行得通呢？答案是肯定的，是行得通的。这种方法不仅十分简便，而且相当灵敏，相当精确。问题是本生没有找到得力的，敏锐的精确工具把眼睛真正武装起来。

分 光 镜

与本生同住在一个城市——德国汉堡的物理学家古斯塔夫·基尔霍夫知道本生在观察火焰颜色时遇到的困难，他决定给本生制作一件仪器，将借助于颜色玻璃和有色溶液都无法分辨的火焰颜色分辨开来。

基尔霍夫制作的仪器，看去象小孩子七拼八凑的玩具一样。一只木质的小香烟盒，一块玻璃三棱镜，和一只有三块凸透镜的旧望远镜，就是全部仪器的零件。

正是这台看去十分简陋的仪器，奠定了光谱学的基础，为光谱分析开辟了道路。

物理学家都知道牛顿于1666年在暗室中的发现：三棱镜能够将不同颜色的光线分开来。基尔霍夫制作的这部仪器，核心就是那块三棱镜，利用三棱镜的分光性能，将不同颜色的光线分开来。他将这台仪器，取名叫做“分光镜”。

第一台分光镜是这样来安装的：将旧望远镜锯成两节，一节有一块透镜，另一节有两块透镜，将这两节带有透镜的圆筒安在香烟盒的两面相邻的壁上，彼此有个角度。用有一条细缝的圆板把只有一块透镜的圆筒遮起来，使进入盒子里的光线先通过这条细缝而变成一细条光线，然后才射到三棱镜上。三棱镜安放在一根能够转动的轴架上，位于木盒的中心。进入木盒的光线经三棱镜色散以后，就变成一面宽阔的扇形彩色光带而进入另一节由两块透镜组成的圆筒里。把眼睛靠近这个圆筒，用手慢慢地转动三棱镜轴架，就可以看到进入分光镜细缝里来的光线的光谱。

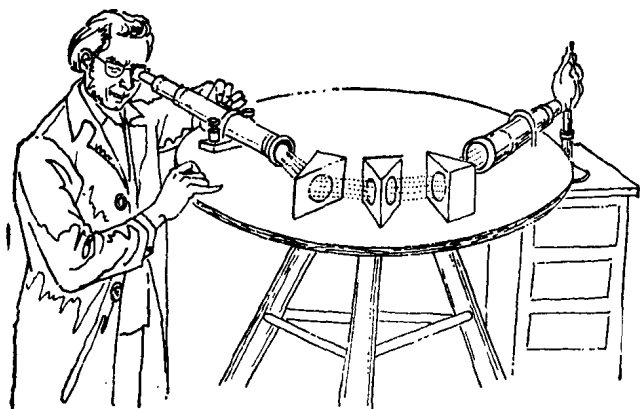
基尔霍夫和本生试验了这台仪器的性能，结果非常成功。凭肉眼或借助于颜色玻璃和有色液体都不能分辨的火焰颜色，竟通过透镜进入了他们的眼中，他们第一次看到了火焰光谱的整个面貌。不过，他们看到的光谱不是象彩虹一样由红到紫连续一片的七色光带，而是一条一条分开来的彩色线条。

他们小心地观察了锂的光谱和锶的光谱。当慢慢转动棱镜，细心地观察两种物质的光谱时，结果两种物质的光谱是不同的：锂的光谱是由一条亮的红线和一条较暗的橙线组成的；而锶的光谱是由一条青线和好几条红线、橙线和黄线组成的。如果不通过分光镜来观察它们燃烧的火焰，那么简直没有办法把都是深红颜色的火焰区分开来。

分光镜不仅给本生的工作开辟了新的途径，更重要的意义在于奠定了光谱学的基础。分光镜象一把万能的钥匙，打

开了物质燃烧生成的彩色信号的秘密，使人类对物质的微观结构有了更深一步的认识。

后来经过改进，分光镜增多了棱镜。光线经过一块一块的三棱镜后，可以把扇形光线拉得更宽，彩色线条间的距离更大。



图（3）改进后的分光镜

彩色的信号——光谱

分光镜解决了区分光谱颜色的困难，这个困难是任何化学方法都无能为力的。

从分光镜里看到各种物质燃烧生成的火焰，再不是凭肉眼或透过有色透明物质所看到的黄色、橙色、绿色等单一的颜色了，而是由若干条明亮的彩色线条组成的光谱。

本生用分光镜来观察各种物质燃烧生成的彩色明线，工