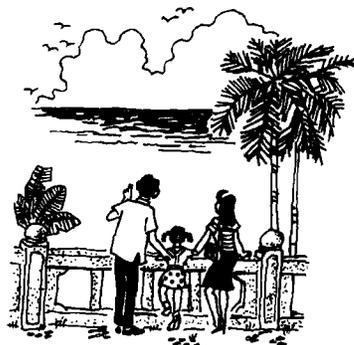


蓝天的秘密

黄涛

(西南农业大学荣昌校区基础部数理教研室 重庆 402460)



当我们仰望万里晴空蓝天,常常被那深邃的蓝色所吸引,让你似乎觉得看到了蓝蓝的海水,轻抚着精美的蓝宝石,面对着一双深邃的蓝眼睛,甚至是在《蓝色多瑙河》的悠扬旋律中感受一份淡淡的忧愁……那碧蓝的天空中究竟有什么秘密?是什么东西带给我们这种特殊的感受?神奇的蓝色是如何形成的?

一、天空为什么是蓝的——散射

我们都知道来自太阳的白光是多种单色光的混合光,牛顿用棱镜将太阳光分离成不同的单色光的实验早已证明了这一点。不同的单色光的颜色是由其不同的电磁频率所决定的。对人眼而言可见光波长大约从 720nm 的红色到 380nm 的紫色,中间依次是橙、黄、绿、蓝和靛蓝。

关于散射的概念我们可以从图 1 的实验中得到一个直观的印象,用一束白光通过一个混有一点牛奶或肥皂的混浊液容器来演示。从容器的侧面看到有蓝光散射出,表明散射光中短波长的光波较多,而迎着光则看到光呈红色,表明透射光中长波长的光波较多。这种线度小于光的波长的微粒对入射光的散射,叫瑞利散射。不过最早研究这一现象的 Tyndall 和 Rayleigh 都认为天空的蓝色是由于大气中的灰尘微粒和水蒸气小液滴散射所引起的,甚至今天许多人还错误地认为主要是由这一原因造成的。但如果是这样的话,天空的颜色就会随着大气的湿度或烟雾的情况而发生变化,这与我们观察到的现象

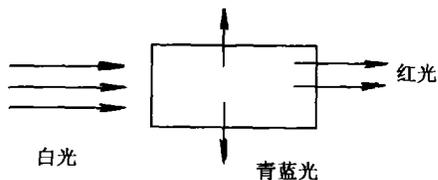


图 1

不相符合,当然近地面的灰尘与水气等对太阳光还是有散射作用的。

这一问题最终是由爱因斯坦在 1911 年解决的,他通过更进一步的研究得知分子能够散射光是由于光波的电磁场降低了电子的偶极矩。他找到了分子散射对应光的具体公式,而且理论与实际符合得很好。空气中的氧分子和氮分子就足以引起光的散射了。由于不规则的分子运动,在大气中不断发生不均匀的疏密部分,因而使太阳光散射。

另一个值得注意的问题是,如果波长越短散射越厉害的话,那为什么天空的颜色不是可见光中波长中最短的紫色而是蓝色呢?实际上来自太阳光的各种波长的光的数量并不是一成不变的,一部分在经过大气层高层时被吸收,其中紫光附近被吸收掉的数量最多。另外一个原因与我们的视觉功能有关。在我们的视网膜中有 3 种不同的接收元,它们分别对红、蓝、绿三色感觉特别敏感,负责绿光的接收元能最强感应到绿光波长,此外也感应绿蓝光和黄光。而蓝光的接收元则受到蓝光附近光波的刺激而被感应到。可见眼睛对少量的紫光并不敏感,但如果没有靛蓝色和紫色,天空的蓝色就会带一点轻微的绿色。

清晨日出或傍晚日落时太阳特别红,是因为此时太阳光几乎平行于地面,穿过的大气层最厚,所以波长较短的蓝紫光几乎都朝侧向散射,只剩下波长较长的红光到达观察者,加之近地面的尘埃,更增强了散射作用。于是我们看到蓝蓝的天,反射红红的太阳光的云朵(朝霞或晚霞)。如果没有大气的存在,太阳光将直达我们的眼睛,而此时没有散射的介质存在,天空将是黑色的,就像宇航员从太空中看到的天空一样。当然天空的颜色直接与大气的厚度及成分有关,例如从火星上看到的天空是红色的,这是

现代物理知识

由于火星上经常出现的尘暴中充满了富含铁的沙尘的缘故。在没有沙尘暴出现时,天空也会呈现蓝色,但要比地球上的蓝天更暗一些,这是由于火星的大气层较薄,从而散射掉的蓝光相对较少的原故。同样我们的大气在受到严重污染时,天空的颜色也会有变化,人们可据这一信息来监控环境污染。

此外,一般的云中的小水滴和烟中的固体颗粒都比可见光中的波长要长,于是白光照射时,对几乎所有的光都产生 Mie 散射,使我们看到的云与烟呈白色。但有的山区却存在蓝雾,这是由于茂盛的植物在生长过程中放出的一种烃在大气中形成 200nm 左右的微粒正好可以散射蓝光而造成的。

二、蓝天为什么显得那么高——折射

当我们陶醉在“秋高气爽”的“蓝天白云”下时,可能很少有人会想到这是我们的眼睛在骗我们。当光从一种物质进入另一种物质时,传播方向要发生改变,这就是光的折射。从棱镜的七色光谱中我们看到蓝光比红光折射得更厉害,这表明棱镜材料对不同色光的折射率不同。

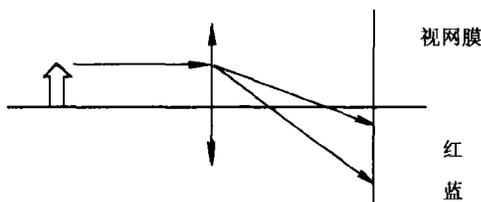


图 2

现在再来看看我们的眼睛,简单地说它就是一个聚焦系统,晶状体可看成是凸透镜,当蓝光和红光一样远、一样大时,经过眼球后蓝光折射得更厉害,所以在清晰度范围内蓝光图在视网膜上的图略大。在历史上,法国的蓝白红三色旗曾是做成一样宽的,但当旗升起后人们总觉得蓝带比红带宽就是这个道理。后来经过计算,把蓝、白、红按 30:33:37 的比例做成的旗帜看上去就一样宽了。

秋天的蓝天显得特别高也与这一错觉有关,所以我们可以装修空间较小的房间时用蓝色涂墙,空间会显得更大一些。

三、为什么拍摄的有些景物照中天特别蓝——偏振光

光是电磁波,而且是横波,它所带的能量为电能与磁能,但是其中能引起人的视觉效果,或能引起胶片感光的是电能,或者说是光矢量(E 矢量)。自然光原子发光有间隙性,人眼感觉到的是大于这个间隔时间的 E 矢量的平均值;自然光沿某一方向传播

时,任何时刻 E 矢量都在垂直传播方向的平面上沿各个方向均匀分布,无哪一方向呈优势,故 E 矢量与传播方向构成的振动平面有无数个,把 E 矢量分解在两个互相垂直的方向上,二者是独立的,无固定的相位关系。如果光矢量的振动方向偏于某些方向,则这种光叫偏振光。

所谓偏振片是把一种二色性很强的晶粒涂在透明的材料上,它能完全吸收某一方向的振动,而只让另一个与之垂直的方向的振动通过,可以形象地理解成某一个方向的筛子,当自然光通过偏振片后,有一半的光能量被吸收掉了,只留下一半亮度的偏振光;当偏振光通过偏振片时,根据偏振光振动方向与偏振片偏振化方向的夹角,从偏振片后出来的光将遵循一定的规律而在亮度上有所减弱,据夹角的情况可以部分通过、全部通过或完全不通过。

对相片来说,色光通过的量越多,在照片上色调就越淡;通过量越少,色调就越深;如果光线完全被阻止,其结果就全黑色。在第一部分提到的散射实验中,从旁边散射出来的光都是不同程度的偏振光,反射光也属于部分偏振光。所以方法之一就是在镜头上加上了偏振片,这样来自蓝天的部分偏振光在经过相机镜头前的偏振片后,有一部分光被阻止了,从而在相片上抑暗了天空的色调,提高了色彩的饱和度,起到了加深蓝色并突出云的白色的效果。

四、奇妙的感觉从何而来——心理

人是一个复杂的个体,客观的事物在经人感知后很多都带有主观的色彩,色彩唤起各种情绪、表达感情,甚至影响着我们的正常的生理感受。实验已证明人对不同的色彩产生不同的感受,而且有些变化是可以量化测到的,如红色使人心跳和呼吸加快,而蓝色使人血压降低、脉搏减慢、呼吸减弱。所以在需要安静的场所如医院,大都将墙壁漆成蓝色,或医生的衣服用蓝色做成,因为蓝色可以给病人以宁静感。但从另一个角度来讲,长期的宁静又可能变成一种镇静,进而产生压抑感,因而在悲观与忧伤时不要面对蓝色。正因为如此,英语中 blue(蓝色)才同时具有沮丧的、忧郁的、保守党的、清教徒的等等意思。在生理学上,蓝色的平静还与我们将它与天空、海水、空间联系起来,因而蓝色又被用来创造思索的环境。

抬头看看窗外蓝蓝的天,在悠扬的《蓝色多瑙河》中慢慢体会这份美妙感觉吧!