# 94．彩虹是怎么形成的？

在雨过天晴后的早晨或傍晚，背对着太阳的方向，有时可以看到呈圆弧形的彩色光带，从外向里依次呈现红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫，这是虹。有时在虹的外面还有一圈，颜色稍浅，颜色顺序相反，这就是霓。虹和霓都是由于太阳光经过空气中微小水滴的折射和反射后再折射而形成的，前者是一次反射，后者是两次反射。

太阳光是复色光，它包含所有可见光的成分。光从一种介质进入另一种介质时，会发生折射，而不同频率的色光的折射率稍有不同，阳光经过射入和射出水滴的两次折射，频率不同的色光会分离，彩虹就是这样形成的。

## 一、色散与光谱

利用三棱镜的色散作用制作的光谱仪称为棱镜光谱仪，它除了棱镜以外，还必须有平行光管和望远镜两部分，如图 1 所示，其中平行光管内部主要是一个相当于凸透镜的镜头，它的左边焦平面处开了一条狭缝，光源即位于此处，经过透镜的作用成为平行光束射到三棱镜的折射面上。经过棱镜的两次折射，出射光束中的不同频率的色光被分开，但同一频率的单色光各自仍是平行光束，经望远镜前面的物镜会聚于物镜的焦平面处，如果在这里放置底片，就会得到清晰的光谱，也可以不放置底片，而在后面通过目镜直接用眼睛观察，同样可以看到清晰的光谱。

棱镜

图 1 棱镜光谱仪结构示意图

平行光管

望远镜

为了更清楚地说明色散与光谱的区别，在图 2 中示意性地画出了三束入射的阳光的光线，它们通过三棱镜后的每一条光线都发生色散，即展成一个扇形，图中只画出了代表两侧的红光和紫光的光线，红光用较粗的线表示，紫光用较细的线表示，红光与红光都平行，紫光与紫光也都平行，其他各种色光，只要是频率相同的，也都是平行线，但不同的色光相互间有一定的角度。这些已经被分解开的色光经过望远镜前面的物镜，所有红光会聚成一条横线，位于最上端，下面依次是橙色、黄色、绿色、蓝色、靛色、紫色。这只是通俗的说法，严格地说，是每种频率的可见光各自形成一条横线，并且按照频率高低有序地排列，从而形成连续光谱。

红光

紫光

白光

图 2 两次折射使白光色散

如果去掉右边的望远镜，直接用光屏接收，会是什么结果？最上端是红色，最下端是紫色，但中间部分原来已经分开的不同颜色的光又混合起来了，即使能看出是彩色光带，也不能说是光谱。很可能除了两端显现出彩色以外，中间部分又还原成白色。当我们通过放大镜看白色的物体时，常常会看到彩色的边缘，就是这个道理。

## 二、虹的形成

雨过天晴，天空中仍然漂浮着很多细小的水滴，由于表面张力的作用，它们都呈球状。

图 3 是一束阳光射入水滴传播方向的示意图，光照射到水滴表面的 A 点，有部分折射进入水滴，到达水滴表面的 B 点会有部分反射回水滴内，在另一侧表面的 C 点会有一部分折射回大气中。阳光是白光，在 A 点处及 C 点处的折射都要发生色散，出射的红光在外侧而紫光在内侧。

红

图 3 阳光在水滴中的折射、反射、折射

紫

C

B

A

水滴

入射的阳光射到水滴表面的入射角各不相同，反射回来光线的角度也各不相同，因此，在空间很大范围内都有经水滴折射、反射再折射并发生色散的出射光线，但沿不同方向射出的光线强度各不相同。人能够看到的，只是那些能进入眼睛瞳孔的光线，因此上述从水滴反射回来的出射光线中，只有满足一定的角度而且强度足够大的才能被人看到。在人的眼睛中，它们呈一条圆弧形的彩带，并且外面是红色而里面是紫色，这就是虹。

站在地面上的人观察到的虹都只是一条小于半圆的弧线，如果有幸在飞机上看到虹，将会看到大半个圆甚至整个圆。

## 三、霓的形成

阳光也可能在水滴内反射两次，如图 4 所示，从 D 点射出的光线同样发生色散，与图 3 不同的是，它的外侧是紫光而内侧是红光，这就是霓的成因。由于它的偏转角度更大，因此它位于虹的外面，与虹同心，但亮度比虹要小，这也就是人们同时看到虹与霓的次数远比只看到虹的次数要少很多的原因。

红

图 4 阳光在水滴中的折射、两次反射再折射

紫

D

B

A

水滴

C

对于地球上居住在纬度较高地区的人来说，虹与霓只在夏天看到，这是因为冬天气温较低，高空温度更低，天空中水滴都结成冰晶，而冰晶不能形成彩虹。

彩虹并非出现在半空中的特定位置，它是观察者看见的一种光学现象，彩虹看起来的所在位置，会随着观察者的位置而改变。彩虹的拱以内的中央，其实是被水滴反射和折射以后形成的放大了的太阳虚像。彩虹拱形圆弧的圆心位置，刚好是观察者头部影子的位置，虹的本身则在观察者头部的影子与眼睛连线以上 40° 至 42° 的位置，霓则出现在观察者头部的影子与眼睛连线以上 50° 至 53° 的位置。

## 四、倒挂彩虹的形成

倒挂彩虹是更难见到的自然现象，又被称为幻日弧光。2014 年 7 月 19 日 18 点多，山西运城就有人看到了罕见的幻日弧光现象，并被人拍了下来上传到网上。

幻日弧光的形成条件是天空晴朗、云层非常少，同时阳光还得以一定的角度照射在距离地面 6 100 ~ 7 625 m 的云层中的细小的冰晶上形成折射。此外，云层中的冰晶表面一定得是弯曲的，且颗粒比盐粒还要小。阳光在冰晶中也是经过两次折射和两次反射，但与霓的形成不同，如图 5 所示。

红

图 5 倒挂彩虹的成因

紫

D

B

A

C

普通彩虹是背对太阳观看的，而幻日弧光则是面向太阳观看的，晴朗时太阳光线较强，因此这更增加了能看到它的难度。