

第一章 镜头前的物理现象

第一节 为什么通过镜头能看到自然界的人和物？

一、为什么通过镜头能看到物体？

朋友，当您翻开影册时，各种画面就映入您的眼帘：巍然屹立的名山，汹涌澎湃的大川，姹紫嫣红的百花，展翅飞翔的雄鹰，乘风破浪的船队，英姿飒爽的国家仪仗队，川流不息的车流人浪……，这些能不令人心旷神怡吗？当您打开自己的相册，看到那些特定时空瞬间记录，能不令人浮想联翩吗？那么，这些多姿多彩的照片是怎样形成的呢？它涉及到多方面的知识，我们只从物理学角度加以简要说明。

我们能看到物体（或通过镜头看到物体）是因为物体能以不同方式反射、折射与吸收投射到它们上面的光。比周围背景能更强烈地反射光的物体，在较暗背景上看来是光亮的；比周围环境反射光线能力较弱的物体，看起来显得暗些。例如，白纸比灰厚纸的反射光强，所以在白纸上的一块灰厚纸看起来好像是灰暗的，而放在黑丝绒上的同一块灰厚纸，看来又好像是光亮的。一个物体，如果其反射光线能力与周围环境相近，那么，从视觉角度看就很难把它从周围环境中区别出来。对透明体而言，是通过它们的透射光看到它们的。如观察一个棱形的玻璃瓶塞子，好像很简单，其实它包含许多复杂的现象：一部分光被棱面反射，一部分光被磨砂的棱散射，而另一部分光则通过瓶塞发生折射透过。如果把完全透明的物体浸没在媒质里，若物体跟媒质的折射率相同，那么我们就看不到物体了。

光被吸收，其能量就有所损失，转变的能量将使吸收光的物体发热。这有时是需要的，如需要有一黑暗的背景，或消除不合要求的某方向的光，这时就要借助有强大的吸收本领的涂层（如把光学仪器内某些表面涂上黑色）。物体反射、折射和吸收光的程度通常用反射参数、折射系数和吸收系数表示：反射系数 = 反射光强度 / 入射光强度；折射系数 = 折射光强度 / 入射光强度。根据能量守恒原理，三者之和恒等于 1。当光照射某一物体时，若反射系数大，说明反射光强度大，而被折射和吸收的光都很弱。这些系数通常跟光的颜色（波长）有关。

来自物体（或通过镜头）的光若被眼睛接收，我们就看到了物体；若被胶片所接收，就获得了潜影，再经过光化处理，便可得到五彩缤纷的生活照。同理，工业、医疗、军事、航测科研等领域都可以得到各自的专业照片。

正常人眼能够看到大千世界的人和物，是由于来自外界物体的光线成像在视网膜上。某一物体在可见光的照射下，由于物体的反射、折射和吸收特性，使光的能量在空间的分布、功率大小以及光谱组成等方面都有所改变。物体各点发光强弱是不同的，对人眼视网膜上的锥体和柱体（杆体）细胞的刺激程度就不同。因而这些细胞产生的神经兴奋程度也不同，这种兴奋再传到脑，人们就看到物体表面明暗差别和整体形象。

二、物体在视网膜上的像原本是倒立的，为什么看到的却是正立的？

为了寻找答案，心理学家曾做过下列试验：他戴上一副特制的眼镜，这眼镜的光学系统，能使外界物体在视网膜上形成正立的实像：那像的上部落到视网膜上部，像的左侧落到视网膜左侧……但心理学家看到的视场却是颠倒的，一切东西都倒转了。开始特别不习惯，视觉跟触摸觉和动觉之间常乱套。他用手摸物体、在空间行动都发生困难：想拿上面的物体，手却常伸到下面；想拿右面的物体又常常把手伸到左面。但他力求使自己的行动符合客观实际，在一星期后，视觉逐渐与触觉、动觉协调起来，行动错误减少了。到 21 天后，他的行动又自如了，完全能适应这种新的空间关系，他看到的景物都正过来，周围的一切都恢复正常了。但取掉眼镜之后，又出现了整个环境倒转现象，再过几天才能恢复正常。由上述实验可知：人们观察到的事物不是由视网膜上的像唯一确定的，人在认识外界时，各种感觉器官（视觉、触觉、运动觉）作为一个统一主体协同活动、相互验证，通过实践活动，最后才能正确反映客观现实。

其实看东西时物是正立的，视网膜上的像一定是倒的。

第二节 为什么镜头前的世界是五颜六色的？

很早就有许多人对颜色问题进行了探讨，曾消耗了不少人的才智。一些科学家曾作过无数次观察，有日常生活方面的，也有科学研究方面的，但直到牛顿对这个问题研究以前一直没有定论。曾经有人认为，颜色是物体本身的一种性质。但经过仔细观察后发现，物体的颜色随一天内的不同时刻或不同照明状况而有显著变化。有人说物体的颜色是光亮与黑暗的“混合物”，这都是不对的。直到牛顿通过实验才揭示了颜色问题的本质。现在人们已经知道物体的颜色除了跟物体本身的特性（反射、折射和吸收）和光的特性（波长或频率）这些客观因素有关外，还跟人的主观因素密切相关。故此涉及到生理光学（包括眼的视觉、色觉和幻觉等）光度学（各种光量），色度学（主要研究颜色测量和颜色视觉规律）等各方面知识。

一、为什么白光能分解出七种色光来？

牛顿通过如图 1 - 1 所示的装置就可以把白光分解出七色光。使一束平行的白光通过一个狭缝 S 射到三棱镜上，光通过棱镜后，能在棱镜后方的屏上形成相当宽的一条具有各种鲜明颜色的带。这条光带的一端是红色，另一端是紫色，中间依次排列着橙、黄、绿、蓝、靛各种颜色。各种颜色是随光的波长连续变化的，因此，各种颜色的分界线带有人为约定的性质。把白光（复色光）分解成单色光的现象叫色散。由色散形成的色光按一定次序排列的光带，叫做光谱。每一种单色光都对应着一定的波长（实际是一小波段）如表 1 - 1 所示。（在紫色外有不可见的紫外线，在红色之外有不可见的红外线。）而这些光都不能再分解了，它们叫做单色光。如果令这些单色光会聚又可得到白光（叫光的复合）。

表 1 - 1 （波长单位为 nm）

光谱区域	波长	光谱区域	波长
紫	400 ~ 450	黄	570 ~ 590
蓝	450 ~ 490	橙	590 ~ 610
靛	490 ~ 501	红	610 ~ 700
绿	501 ~ 570		

二、物体的颜色是由什么决定的？

1. 光的颜色是由什么决定的？

光的颜色是由光的波长（或频率）来决定的，每种单色光都有各自的频率。如 400 ~ 500nm 蓝色光，500 ~ 600nm 绿色光，600 ~ 700nm 红色光。

2. 透明体的颜色是由什么决定的？

透明体的颜色是由它折射（即透射的）光的颜色决定。例如红色玻

璃，对红光折射系数很大，对其它光的吸收系数也很大。所以，红光发生折射而其它光大部分被吸收；而无色透明体，它对各种单色光的折射都同样的强（折射系数都很大），而吸收系数都很小，因此，各种色光都能透过物体，此种物体便是无色透明体。

3. 非透明体的颜色是由什么决定的？

反光物体的颜色是由其所反射光的颜色决定的。白色物体，是对各种色光的反射系数都同样大，而吸收系数和折射系数都很小，因为它反射了所有色光而成白色（叫白体）；黑体，是完全吸收照射光的物体；一般黑色物体，是指在入射白光的各波长中，能均匀吸收各种单色光绝大部分能量的物体；中性灰色物体，是对各单色光吸收的部分小于反射的部分，也就是介于黑体和白体之间的物体。物体的颜色通常是指在白光照射下所呈现的颜色。如红色物体在白光照射下只反射红光而吸收所有其它色光；如果一个物体反射一种光，折射另一种光而吸收其余的光，那么就会从反射光中看到一种颜色，而从折射光中看到另一种颜色。例如叶绿素的酒精溶液（酒精提出物），它只反射绿光，折射红光而吸收其余光，从反射光中看到它是绿色的，从折射光中却看到它是红色的。总之，发光物体的颜色是由所发出光的颜色所决定；反光物体的颜色是由所反射光的颜色决定；透光物体的颜色是由所透射光的颜色所决定。

三、彩色的三要素是什么？

颜色可分彩色和非彩色两大类，这两类的总称叫颜色。非彩色指的是白色，黑色和各种深浅不同的灰色。彩色是指黑白系列以外的颜色。彩色要用三要素（特性）来描述才能表述人眼对不同颜色的感觉，只从各种色光的波长不同来区分那是不完全的，还应同时采用色调（色别或色相）、饱和度和亮度（明度）等来加以区分。

色调决定于物体反射（或折射）光的波长，是颜色质方面的特征；饱和度决定于反射（或折射）光中所混入白色的数量，物体颜色中纯光谱色的含量愈多，饱和度愈高；亮度决定于反射或折射光的强度，可理解为反射（或折射）光引起视觉刺激的程度，是物体颜色在“量”方面的特征。色调和饱和度合称为“色品”，是颜色的色度学特征。

四、人眼的视觉对光的灵敏度有什么规律？

人的视觉器官在发展史上是从动物眼睛发展进化而来的。在漫长的进化过程中，由于对太阳光线物理特性的适应，形成了人的视觉器官的特殊结构——复杂构造的眼球以及视网膜上的锥体细胞和柱形（或杆形）细胞。

视觉的光化理论指出，人类和动物的视觉跟一些光化学变化有关。在光的作用下，视网膜内的一些特殊物质（视紫素）就发生分解；分解物刺激了视神经而产生光的感觉。因为视神经有许多分支，散布在视网膜表面上，所以刺激的性质就依这种光化分解发生在视网膜上的什么地方和达到什么程度而定。

在单位时间内被分解的光敏质（视紫素）的量决定了对光感觉的强弱。眼睛对光有很强的适应本领，可通过下述方法实现：眼睛可以通过

改变瞳孔的直径即改变瞳孔的面积，使视网膜上的照度在 20 倍的范围内变化；眼内有不透明色素（一种染色体，能大量吸收光），在光的作用下这种色素移动到感光膜前面，保护感光膜使它不受太强光的刺激，当光较弱时，它就移走，让感光细胞暴露出来；通过圆锥或圆柱两种细胞的不同作用来适应光强弱不同的外界环境。

圆锥细胞数目可达七百万，绝大部分分布在视网膜中部，相对而言它对光的感觉不太敏感，只在光较强时才能感觉到光，同时能辨别颜色和分辨物体的详情细节。它叫白日（或亮）视觉。颜色视觉的三色理论认为圆锥细胞（或每个圆锥细胞里）有三种机构，它们分别对绿、红和蓝敏感，当三种颜色作各种不同组合时，就可产生各种颜色的感觉。人眼对可见光中不同波长的光敏感度并不相同：在明亮条件下对黄、绿光敏感度最高，对红和紫光敏感度最低；在阴暗条件下对绿光敏感度最高，对红和紫光的敏感度还是最低。圆柱细胞对光特别敏感，在微弱的光照下起主要的视觉作用，所以它也叫暮曙（或暗）视觉。圆柱细胞的数目超过一亿，分布在视网膜的外围，它对光的敏感度比圆锥细胞大得多，但分辨颜色的本领却差得多。它对各种波长的光敏感度虽不相同，但其极大值在波长较短的区域，所以在光很弱时，主要起视觉作用的是圆柱细胞，各种波长的光引起同一种蓝灰色的感觉。

通常是两种感光细胞在不同程度上都同时起作用：在光较强时圆锥细胞起主要作用；在光较弱时圆柱细胞起主要作用。例如，在强烈的照明情况下，看到的红的色调比蓝的色调亮，而在同样的光谱成分的光束作微弱的照明时，看起来倒觉得蓝的色调比红的色调亮。这主要因为两种细胞对色调的敏感度不同：前者是白日视觉在起主要作用，它对红光的灵敏度高；而后者是暮曙视觉起主要作用，而它对蓝色最敏感。

五、什么叫加色效应？什么叫减色效应？在摄影中是怎样复现的？

（一）加色效应与减色效应

1. 加色效应：两种以上色光同时进入人眼，刺激视网膜锥体细胞，可使大脑获得另外一种色调的色觉。这种由两种以上色光彼此叠加后所产生的综合色觉效果叫做光的加色效应。加色效应的理论依据是颜色混合定律。1854 年格拉斯曼（H·Grossmarm）将颜色混合现象总结成颜色混合定律：

人的视觉只能分辨颜色的三种变化：色调、亮度和饱和度；

在由两个成分组成的混合色中，如其中一个成分连续变化，混合色的外貌也随之连续变化。由此可导出下列二定律：

a) 补色定律：每一种颜色都有一个相应的补色。如果某颜色与其补色以适当比例混合，便产生白色或灰色（如红与青、蓝与黄、绿与品红）；若两者按其它比例混合，便产生近似比重大的颜色成分的非饱和色。

b) 中间色定律：任何两个补色相混合便产生中间色，其色调决定于两颜色的相对数量，其饱和度决定于二者在色调顺序上的远近。

颜色外貌相同的光，不管它们的光谱组成是否一样，在颜色混合中具有相同效果。

混合色的总亮度等于组成混合色的各颜色光的亮度的总和（也叫

亮度相加定律)。以上定律只适用各种色光的相加混合,不适用于染料或涂料的混合(它们属于后面讲的减色效应)。

摄影者在拍摄彩照时,必须考虑加色效应对摄影画面的影响,如绿草地上或绿树丛中的人(或物)常常带有绿色调;红色(如红墙或红旗等)背景下的人常带淡红色调;蓝色天空下的海水显得更蓝,而阴暗天色下的海水却显得灰蒙蒙……。上述情况有时可以加以利用,更多的情况下则需要克服,可用其相应的补色加以中和。

2. 加色效应中的三原色为:红(R),绿(G),蓝(b)。若三原色按不同比例叠加混合,理论上说这种混合可模拟出自然界中的各种颜色,包括黑白系列的各种灰色和各种色调和饱和度的颜色及可见光谱的全部颜色。实际上,这种混合是不能配出自然界所有的一切颜色的。

不同的颜色刺激同时作用到视网膜邻近的部位,也能产生颜色混合效应。如彩电荧光屏上,密集地布满小的红、绿和蓝的发光荧光粉条或粉点,它们刺激视网膜非常邻近的锥体细胞,以致视觉不能区分独立的粉条或粉点。通过调节屏幕上相邻的三色粉条或粉点的亮度比例,就在视觉上产生各种颜色的混合效果。

三原色不只是红、绿和蓝三色,也可以是其它三种颜色。条件是三原色中的任何一个不能由其余两个相加混合获得。不过经证明红、绿和蓝是最优三原色。红、绿和蓝的互补色分别为:青(C),品红(M),黄(Y)。能配成白光的两种颜色称为互补色。加色效应如图1-2所示。

3. 减色效应:从含有多种色光的复杂可见光(如白光)中,减去若干单色光,获得另外一种光的效应叫减色效应。减法混合的原理比加法混合原理复杂,两者的混合过程及结果都不同。如根据颜色相加原理,将两束白光分别通过蓝滤色片和黄滤色片,投射到屏幕上进行相加混合,由于蓝光和黄光是互补色,得到的合成光是白色。但在蓝滤色片和黄滤色片的减法混合中(如让白光先后通过蓝滤色片和黄滤色片的光即为减法合成光),混合色不是白色而是绿色,即加色效应是不同比例原色光直接相加混合,而减色效应是从复合光中减去几种不同比例的原色光而得各种色彩。

在颜色相加混合中是通过控制三原色(红、绿和蓝)来获得最多的混合色。那么在减法混合中想什么办法也能通过控制红、绿和蓝来获得较多的混合色呢?为此,在减法混合过程中应用了三个“减法”原色——即红、绿及蓝的补色。调节三种补色来控制绿、红、蓝。三个“减法”原色分别为:青“减法”原色,也叫“减红”原色,因为它印在白纸上,由白光照射时呈现蓝绿色称青色,是控制红色用的;“减绿”原色——品红“减法”原色,印在白纸上白光照射下呈红紫色(品红),是控制绿色用的;“减蓝”原色(即黄色“减法”原色)印在白纸上在白光照射下呈黄色,是控制蓝色用的。

光的减法混合应用很广:染料涂料、彩色印刷、彩色摄影等。减法三原色是通过什么来控制或减掉三原色(红、绿、蓝)的呢?是通过减法原色材料密度的变化来实现的。当各减法原色材料密度大时将吸收较多的红、绿、蓝成份;密度小时,则能透过较多的红、绿、蓝成分,从而通过控制红、绿、蓝成分多少而获得更多的减法混合色。图1-3是减色效应示意图。(二)加色效应及减色效应在摄影中的复现彩色摄影是

根据三原色原理，对被拍摄物体进行颜色分解和合成两个步骤来得到原物的彩色影象。分解的方法是将物体的颜色分解成红、绿、蓝三原色分别记录在胶片的不同感光层上。合成的方法可以采用加法（如图 1—2 所示的三原色的不同组合）；也可以采用减法（三减法原色的不同组合如图 1 - 3 所示）。三原色滤光层及三减法原色（三补色）滤光层，对色光的吸收和透射情况是不同的，前者只能透过本色光，吸收其它色光；后者吸收与其互补的原色光，透过本色光或构成本补色光的两种原色光。上述两种情况如图 1 - 4(a)、(b)所示：

1. 加法复现彩色照片的主要过程：用色密度较大的红、绿、蓝色滤色片，通过负片对彩色相纸进行三次曝光，每一次曝光，仅是彩色底片上的补色负象的一部分，使彩色相纸上的一层乳剂膜受感（一种单色正象在相纸上形成）。具体情况：白光（或近似于白光）通过红滤色片时，彩色相纸的显青色层就感受透过底片的红色光线；当白光通过绿滤色片时，彩色相纸的显品红色层就感受透过底片的绿色光线；当白光通过蓝色滤色片时，彩色相纸的显黄色层就感受透过底片的蓝色光线。通过上述三次曝光，底片上的三层补色负像即可在彩色相纸上全部还原。因为加法复现彩色照片的程序比较复杂，目前很少用。

2. 近代彩色摄影大部分采用减法法。为了记录自然界的人和物的各种颜色，在胶片的片基上涂有三层不同感色性能的乳剂膜层，来记录三原色（红、绿、蓝）。三乳剂层分别含有各自补色的成色剂。上层感蓝色光，含有黄色成色剂；中层感绿色光，含有品红色成色剂；下层感红色光，含青色成色剂。在上、中两层间涂有黄色药膜，用来阻止蓝色透过，因中下层也感蓝光，这层黄色药膜在冲洗时便自行消退。当彩色负片曝光显影以后，便可形成三原色的补色影像层。感蓝光的上层形成黄色影像层。感绿光的中层成品红影像层；感红色光的下层形成青色影像层。白光通过彩色及负片上的黄、品红、青三个补色影像层时，三者分别成为“减兰”、“减绿”、“减红”原色的作用，使被摄物体的颜色转变为其补色，故而看到彩色负片上的颜色都是与原物相反的补色。在晒印时，因为正片或相纸跟负片的制造原理相同，因此当白光通过负片补色影像对它们一次曝光后，再经冲洗便可还原物体的颜色。

第三节 光与影在摄影中有什么作用？

一、为什么到了夜间自然界的颜色就消失了？

我们通过镜头看到自然界中五颜六色的物体，是因为眼睛接收了通过镜头来自物体发射、反射、散射或折射的光。而大多数物体是不发光的，在夜间便没有阳光供其反射或折射，当然我们就看不到五颜六色的物体。人类在跟黑暗的斗争中，创造出多种人造光源战胜了黑夜，即在夜间也可以象白天一样的生活、工作和摄影。

二、光度学中常用的物理量有哪些？

人类在同黑暗的斗争中创造了多种光源，任何光源都涉及到对其辐射能的量度问题。在光学中与能量有关的量有两类：一类叫辐射度学量，如辐射能、辐射通量、辐射强度、辐射亮度、辐射照度等，它表示辐射能的大小；另一类是生理的收做光度学量，它表示人眼对辐射能的视觉强度，有时两者没有必要加以区别。

1. 光通量（即光流）

光通量表示光源表面的客观辐射通量对人眼所起的视觉强度，它等于辐射通量与视见函数的乘积，光通量的单位为“流明”。不计相对视见率的辐射通量单位为“瓦特”。“流明”——发光强度为1烛光的点光源在单位立体角（1球面度）内发出的光通量。

2. 发光强度

发光强度是表示光源在一定方向范围内发出的可见光辐射强弱的物理量，单位为“烛光”。如不包括相对视见率时，光源的辐射强度是单位立体角中全部辐射通量，单位为瓦特/球面弧度。相对视见率又叫“视见函数”。不同波长的光对人眼的视觉灵敏度不同。一般说，人眼对黄绿光最灵敏；对红光和紫光都不灵敏；而对红外光和

紫外光，则无视觉反应。所以人眼对波长为 5550Å 黄绿光的视见率为最大，取为1；其他波长的可见光的视见率均小于1；红外光与紫外

光的视见率等于零。某波长光的视见率与波长为 5550Å 的黄绿光视见率的比称为该波长的相对视见率。在不同条件下，视觉灵敏度是不同的，上述视见率是指白日视觉（亮视觉）的情况下。暮曙（暗）视觉则不同。两者的区别如图1-5所示的明视觉和暗视觉的视见函数曲线可见，图中横坐标是波长，单位为纳米（nm），纵坐标为视见率（相对视见率）。

3. 照度

物体单位面积上所得到的光通量，其单位为勒克司。

4. 亮度

亮度表示发光面发光强度并与发光面特性有关的物理量，可以用单位面积的光源表面在法线方向单位立体角内传送出的光通量数值来量度。

三、什么叫光源？光源的种类有哪些？

在物理学中，将能够发光的一切物体都叫光源。任何发光物体的发光过程都是电磁波的辐射过程。从不同角度把光源可分为：自然光源和人造光源；热辐射光源和非热辐射光源；普通光源和激光光源；热光源、气体放电光源、固体光源、自然光源和激光光源等。了解了光源，就能掌握摄影的主动权。为适应日常生活、生产和各种科学技术及摄影等方面的需要，必须有各种不同光学性质和结构特点的光源。在成份分析、结构研究、检验测量等方面光源都是必不可少的，同时在很多情况下，常起着关键性的作用。在摄影技术中，光源显得更为重要，因为没有光，影也就不复存在。无光无影就无从谈摄影。

1. 什么叫热辐射？

发光过程就是辐射过程，要维持这一过程必须不断补给发光体以能量。不断给物体加热来维持一定的温度，物体就会持续发光。这种发光叫做热致发光，如太阳、白炽灯、碘钨灯、溴钨灯等的发光都属热致发光，或叫热光源。热辐射的微观机理是什么呢？

在热光源中，大量的分子和原子在热能的激发下，从正常的稳定态（基态）跃迁到激发态（非稳定态），在它们从激发态返回正常态的过程中，都将辐射发光（电磁波）。各个分子或原子的激发和辐射参差不齐，而且彼此之间没有联系，因而在同一时刻，各个分子或原子所发出的光波的频率、振动方向和相位也各不相同。另外，分子或原子的发光是间歇的，一个分子或原子在发出一列光波后，总要间歇一段时间后才再发出另一列光波，对同一个分子或原子而言，在不同时刻所发出的光波的情况也不一定相同（由被激发的状态决定）。就某一时刻，不同分子或原子可同时发出不同频率的光。因此宏观上看到的是复合光（白光）。

2. 什么叫非热辐射？

各种气体灯的发光过程是靠电场补给能量，这样的过程叫做电致发光。某些物质在放射线、X射线、紫外线，可见光或电子束的照射或轰击下，可发出可见光束，这种过程叫做荧光（光致发光）。像日光灯管壁上的荧光物质、示波器管或电视显像管中的荧光屏的发光属于此类。有的物质在上述各种射线照射之后，可以在一段时间内持续发光，这种过程叫做磷光，夜光表上的磷光物质的发光属于此类。由于化学反应而发光的过程，叫做化学发光，如腐物中的磷在空气中缓慢氧化发出的光（如坟地上有时出现的“鬼火”）属于此类。生物体（如萤火虫）的发光叫做生物发光，仍是特殊类型的化学发光过程。应当指出，能量形式可以互相转化，上述光的各种发射过程不能截然分开，同一光源中的光发射过程也往往不是单一的，如日光灯，即可看作是电致发光（水银蒸气发出紫外线），又可认为是光致发光（紫外线激发荧光物质发出可见光）。

3. 什么叫气体放电？

根据气体放电原理制成的气体灯种类很多：开放式气体放电光源；气体灯（封闭的气体放电光源）。前者有：直流电弧、高压电容火花、高压交流电弧等。后者可分：辉光放电气体发光管、汞灯、钠灯、金属卤化物灯、氙灯、脉冲灯（包括万次闪光灯），燃烧式闪光泡、原子光谱灯等。

气体放电：气体具有异电性时，电流经过气体的现象就叫做气体放电。通常情况下气体是良好的绝缘体，它怎么能导电呢？一般而言，形成电流必须具备两个条件：一要有可移动的电荷（如电子、离子等），二要有使电荷作定向运动的力（电场）。气体放电有两种：被激放电。用火焰将气体加热或用紫外线，伦琴射线，放射性元素的射线等照射气体时，都能使气体电离而导电，但外界作用停止，气体又将恢复为绝缘体；气体自激放电：当加在气体（两极）上的电压足够大时，即使停止外界使它电离的作用，而放电过程仍然继续，这种放电叫做自激放电，这时的电压 V_0 叫做点燃电压。因为气体中总有少数离子存在（如宇宙射线等激发），离子在足够大的点燃电压 U_0 作用下，获得足够的能量。当正离子到达阴极时，与阴极碰撞，可使阴极发射电子，这种电子在强电场中加速，能量增加很快。这些被加速的电子，跟中性原子或分子碰撞时，不但不为原子或分子俘获成为负离子，反而能使原子或分子因碰撞而电离，并放出电子，这种电子被加速后又与原子或分子碰撞发生新的电离，因此电子群向阴极运动过程中，电子数目急剧增加。在自激放电中，由于负离子不易形成，又因正离子的速度比电子的速度小得多，因此在气体自激放电中主要导电机构是电子。气体放电（导电）往往同时伴随着发光现象。气体放电过程与很多因素有关：一是跟气体的压强有关。当气体的压强较低时（稀薄气体），自由程就长，在相继两次碰撞的时间内积累起来的能量就大，易于碰撞电离，故容易放电；二是跟电场强度有关。通常情况下，电场强度大时容易放电；三是跟电极的形状、位置、温度、材料等都有关。因此，利用不同条件，可制造出满足各种需要的气体放电光源。其中常利用辉光放电原理制成各种荧光灯和利用弧光放电原理制成不同类型的弧光灯。

四、摄影中常用的照明灯有哪些？

1. 什么叫新闻碘钨灯？

新闻碘钨灯是卤钨灯中的一种。卤钨灯也是一种白炽灯，是根据电流的热效应原理制成的。白炽灯的灯丝温度越高，它所放出的光辐射能越多。灯丝是白炽灯的主要部分，用作灯丝的材料必须满足：熔点高。对于大多数材料而言，随着温度的升高，辐射的总能量及可见光在辐射中所占的比重都增加，因此，材料的熔点高就可以实现高的工作温度；蒸发率小。蒸发率是决定白炽灯寿命的基本因素，二者成反比关系；可见辐射选择性好，即在可见光区有较多的能量辐射。经过比较，钨是适合的材料，而且它的机械强度大，易于加工成丝。因此，几乎所有的白炽灯都用钨作灯丝。抽出空气的灯泡内充进惰性气体，目的在于抑制灯丝蒸发。因为灯丝在高温下工作时，蒸发出来的钨原子与惰性气体分子发生频繁的碰撞，从而使钨原子可以反射回钨丝表面。在同样寿命下，充气灯可提高灯丝工作温度，从而提高光效。为了进一步延长灯的寿命，提高光效，在充气钨灯的基础上又制成了卤钨灯（如碘钨灯，溴钨灯等）。主要原理是卤钨循环：高温下从灯丝蒸发出来的钨在泡壁附近与卤素反应，生成挥发性的卤钨化合物。当卤钨化合物扩散到灯丝附近时，又分解为卤素与钨，释放出来的钨沉积在灯丝上，而卤素则又扩

散到低温的泡壁附近与蒸发出来的钨化合。这一过程叫做卤钨循环，或钨的再生循环。这样，不仅可以大大提高灯丝的工作温度和灯的光效，而且泡壳在燃烧过程中并不发黑。

根据用途的不同，灯丝和泡壳可以作成不同的形状，如灯丝可作成点状、线状、排丝型、带状等，但都必须考虑灯丝跟泡内气体接触时少放出热量，从而使灯丝热得快，提高灯丝的工作温度。为了改善泡壳的透射光谱，泡壳材料还可采用石英玻璃，硅氧玻璃等。为了使金属线发热时玻璃不会破裂，经过玻璃内的金属线，是由一种热膨胀系数跟玻璃热膨胀系数相同的金属制成。为了使电灯便于接通电流，在灯丝上须附装一用油灰固定在灯泡上的金属灯头。灯泡头是由具有螺纹槽的金属套筒及跟套筒绝缘的接头构成，接通灯丝的两条导线，分别焊接在灯泡头的套筒和接头上。

2. 什么叫金属卤化物灯？

金属卤化物灯的出现，是因为金属卤化物有如下特点：金属卤化物的蒸气压一般都比金属本身的蒸气压高得多；除金属氟化物外，其它金属卤化物都不与石英玻璃发生明显的化学反应；在是弧温度（大于 2 500 开尔文）下可稳定，因此，才易于分解成金属和卤素，利于获得高的蒸气压；在管壁温度下又要稳定，不会在管壁析出金属。一般金属卤化物都具有上述特点。其中碘化物较优越，故在摄影灯中应用最广。大多数金属卤化物灯内都充有汞，其作用是：提高灯的发光效率；改善灯的电学特征；有利灯的启动。金属卤化物灯的管壁与电弧中心的温度相差很大，金属卤化物会发生分解和再复合。其循环过程是在管壁的工作温度下，金属卤化物大量蒸发后，在电弧中心的高温区（约 400 ~ 6 000 开尔文），金属卤化物的分子分解成金属和卤素原子。金属原子产生放电并辐射发光。而由于电弧中心区金属原子及卤素原子浓度高，它们又向管壁扩散，并在管壁附近的低温区重新复合成金属卤化物分子，就靠这种循环，不断向电弧中心提供足够浓度的金属原子。

金属卤化物灯的种类很多。如：碘化钠、碘化铯、碘化铟灯（简称纳铯铟灯）、超高压铟灯、卤化锡灯、镝灯等。（1）镝灯，其显色性好，光效高。因此，它不仅是很好的照明光源，同时也适用于拍摄彩色影片和彩色照相制版。因为稀土金属（如镝、钬、铥等）的光谱在整个可见区有十分密集的谱线，因此，在灯内采用此种金属碘化物则可产生显色性很好的光。这种灯的显色性能随稀土金属分压强的提高而改善，所以升高灯管工作温度可获得光色更好的白光。如果在镝灯内添加钬和铥的卤化物，还能进一步提高显色性。在镝灯内，卤化物对管压有较大贡献。一般汞对管压的贡献为 70% 左右，金属卤化物对其贡献约为 30% 左右。

（2）超高压铟灯，尺寸小，光效高，光色好，适用电影放映用光源，也可作为显微投影仪的光源。

（3）卤化锡灯，一般采用氯化锡——碘化锡——汞的组合，或碘化锡——溴化锡——汞的组合。此种灯的显色性极好且具有稳定性，因此，它不仅适用于室内照明，也可用于印刷和染色及摄影等场合。

3. 什么叫万次闪光灯？

万次闪光灯是脉冲灯中的一种。此种灯能在极短时间内发出很强的光。图 1 - 6 所示为其工作电路。电压为 V_0 的直流电源经充电电阻 R

使贮能电容 C 充电到工作电压 V_0 。 V_0 一般低于灯的自击穿电压，而高于其着火电压。脉冲灯管外绕有触发丝。工作时，在触发丝上施于高脉冲电压，使灯内产生电离火花线。火花线大大减少了灯的内阻，使 C 内贮存的大量能量能够在极短的时间内通过脉冲释放出来，产生极强的闪光。放电过程大致可分为瞬态和隐态两个阶段。

图 1 - 6

照相常用脉冲氙灯（万次闪光灯）。这种灯的泡壳常用硬玻璃制成。电极芯柱和螺旋都用钨，并涂有电子粉。此种灯的光色跟日光接近，适于作彩色摄影光源。

脉冲灯的种类很多，共同的特点是亮度很高，所以被广泛的用于摄影光源、激光器的光泵、印刷制版源等。

五、什么叫光源的色温？

1. 光源的光谱功率分布与色温有什么关系？

任何光源（包括热光源的非热光源）的发光过程都是辐射过程，所辐射的光都是由不同波长的辐射组成，各个波长的辐射功率也不相同。光源的光谱辐射功率按波长的分布叫做光谱功率分布。不同光源，由于发光物质的成分不同，它们的光谱功率分布也不同。一定的光谱功率分布就对应着一定的光色。那么，如何用温度来描述（表示）光色呢？这就需要选择一个“标准”（黑体），用它的温度来“量度”实际光源的颜色温度。

什么是黑体呢？

我们把在任何温度下都能完全吸收照射其上的任何频率辐射能的物体叫做绝对黑体，简称“黑体”。黑体辐射完全可用普朗克辐射定律来描述。实际上把任何物体做成空腔，在它很小的开口处就是个相当理想的黑体。黑体在不同温度下，在可见光谱范围内的相对功率分布曲线如图 1 - 7(a)所示，跟图(a)对应的色度轨迹如图(b)所示（即色品图，简称色图）

什么叫色品图呢？

我们知道，视觉对不同波长所引起的不同色调感觉，可以用红、绿、蓝三原色按照不同比例来调配而得。国际照明学会规定把它们之间的百分比分别用 x 、 y 、 z 来表示。由于是百分比，三者相加必等于一，所以色调实际只要用 x 、 y 两值来表示即可。将光谱色中各段波长所引起的色调感觉在 xy 平面作成图标时，即得色图。因白色的感觉可用等量的红、绿、蓝三色混合而得，因此，图中愈接近中心的部分，表示愈接近白色，也就是饱和度愈低；而边缘曲线部分则饱和度最高。因此色图中一定位置相当于物体颜色的一定色调和一定饱和度（一定色品）。

什么是色温？

从上述两图可知：一定温度的黑体，必有一定的光谱功率分布；一定的光谱分布对应一定的颜色。人们就用黑体加热到不同温度所发出的

不同光色来表达一个光源的颜色，叫做光源的颜色温度，简称“色温”。例如，一个光源的颜色与黑体加热到绝对温度 3 000K 所发出的光色相同，此光源的色温则为 3000K。在色图上对应的坐标值： $x = 0.437$ ， $y = 0.404$ ，此色度点刚好落在黑体轨迹上。有的光源的光色在色度图上不一定准确地落在黑体轨迹上，但常在该轨迹附近，也就是光源的色度坐标并不恰好是黑体轨迹上的色度坐标，所以用光源与黑体轨迹最近的颜色来确定该光源的色温，这样确定的色温叫做相关色温。色温常用热力等温标，单位以“开尔文”（符号 K）表示。温标就是温度的标尺（有多种），摄氏温度 t 跟热力学温度 T 的关系为：

$$T = (t) + 273.157K \text{ (要求不太精确时可取 } 273) \text{ (1-1)}$$

2. 色温对彩色摄影有什么影响？

色温对彩色摄影有很大的影响。它与彩色有极密切的关系。只有当感光材料的特性与光源的色温相符合时，红、绿、蓝三种色光才能得到平衡，获得理想的彩色景象。例如日光型彩色片，当色温在 5 600K 左右时，拍摄不同景物都能得到良好的彩色效果。当色温偏低时，照片上反映出来的颜色偏红；当色温偏高时，则照片上的颜色偏蓝。专供碘钨灯照明的灯光型彩色片，色温要求一般在 2 800K ~ 3 400K 之间，可正确地再现被摄对象的色彩。

在复杂的情况下，要根据彩色胶卷的特性，对色温加以校正，一般校正的方法就是加用滤色镜，用滤色镜来校正或补偿色光，使色彩获得平衡。常用的滤色镜有紫外线滤色镜（UV 滤色镜）、蓝色滤色镜、橙色滤色镜（雷登 85#）等。

3. 什么叫光色的舒适感？

在人类视觉器官发展和进化中，一直习惯于日光和火光。人的眼睛在白昼一直适应自然光。太阳的辐射光是连续光谱，日出前和日落后色温较低。约 2 000 ~ 4 000K，中午和阴天色温较高，约 5 000 ~ 7 000K。在自然条件下，人在夜晚利用火光进行照明。在原始时代，人们点燃篝火，后来就发明了油灯和蜡烛等，人工光源，火光的光谱也是连续的。目前，人造光源种类很多。那么最优光色是什么呢？研究表明，光色的舒适感跟照度有关系，低照度时的舒适光色是火光（篝火、烛光、油灯光）的低色温光色；偏低或中等照度时，舒适的光色是接近黎明和黄昏时的、色温略高的光色；高照度时，舒适的光色是接近中午的阳光或偏蓝的高色温天空光色。照度与光色舒适感的关系只是色觉的偏好而已（是习惯）。不同色温的人工光源并不影响视觉辨认细节的能力。实验证明：在白炽灯（相关温度约 2 900K），荧光灯（色温约 6 500K），高压汞灯（色温约 5 500K）三种色温的光源照射下，在它们的照度相同时，视觉辨识细节的能力是没有差别的。自然光和一些常用人工光源的色温的比较如表 1 - 2 表示。表中的光源（A、B、C）都是规定的标准光源。

表 1 - 2 自然光和人工光源的色温

	自然光	色温 (K)	人工光源
天 空 光	西北方蓝天空	28000	
		26000	
		24000	
		22000	
		18000	
	薄云蓝天空	16000	
		14000	
	蓝天空	12000	
	阴天天空	10000	
	日 光	平均中午日光	8000
下午3时半		6000	日光色荧光灯, 高压汞灯、氙灯
4时半		5500	光源B (4874K)
2小时		5000	金属卤化物灯
1.5小时		4500	} 白炽灯
1小时		4000	
45分钟		3500	
30分钟		3000	溴钨灯
20分钟		2500	光源A (2856K)
日出		2000	碘钨灯
			高压钠灯
			蜡烛灯

六、什么是光源的显色性？

随着科学的发展和技术的进步，许多国家都研究试制了新型人工光源，并已经取得了显著成绩。这就涉及到如何评价新光源的优劣。一是技术方面的指标。发光效率和使用寿命。二是显色性。什么叫光源的显色性呢？把一个光源对物体颜色外貌的结果跟选定的光源对物体颜色外貌的结果相比，若一致，此光源显色性就好，否则就不好。在日常生活中，我们可以把白炽灯和日光灯作为标准，认为在这两种光源下看到的颜色是物体的“真颜色”。而在荧光灯、汞灯、钠灯等光源下看物体的颜色则有所不同，例如，在日光下观察一块花布，再将其拿到高压汞灯下观察，就会发现某些颜色已变了色。如粉色变成了紫色、蓝色变成的蓝紫色。这说明，在高压汞灯下，颜色发生了失真。

在色度学中，按 CIE(国际照明委员会)的规定，把普朗克辐射体(如黑体)作为低色温光源的参照标准，把标准照明体 D(也叫典型日光或重组日光)作为高色温光源的参照标准。用上述尺度衡量，白炽灯和日光灯是显色性最好的光源，高压汞灯等虽然发光效率很高，但显色性却很差。因为光源显色性跟光源的光谱功率分布有关。

1. 什么样光源显色性好？

具有连续光谱的光源显色性好。由于汞灯等新光源的光谱不是连续的，光谱中缺少某些单色光的成分，在它们下面观察物体时，某些颜色就会发生变色。

由几个特定颜色光组成的混合光源也具有很好的显色效果。如光谱 450 nm (蓝)，540nm (绿)，610nm (橘红) 波长区的辐射，对提高光源的显色性具有特殊效果。用这三个颜色光以适当比例混合所产生的白光(高度不连续光谱)，跟具有连续光谱的光源一样都有同样好的显色性。当用一个仅由上述光谱成分组成的光源去照射肤色、肉类、蔬菜、叶丛等常见物体时，有经验的观察者对这些物体的颜色质量给予很高的评价。在上述混合光源中，缺少 500nm 及 580nm 波长附近的光谱成分。此两个波长对显色不利，叫做干扰波长。若用含有这种波长功率的光源照明有颜色物体，一些颜色便会失真。通过光源的混合可以提高光源

的显色性。例如白炽灯跟高压汞灯的混光、高压钠灯跟高压汞灯的混光等。混光光源都具有较高的光效，同时，能使其显色性有一定程度的提高。

2. 光源的显色性对彩色摄影有什么影响？

如果摄影用的光源光谱成分的变化会引起人所观察的物体的颜色发生变化，就会影响彩色摄影的颜色还原效果（包括彩色电影和彩色电视的颜色还原效果）。在日光下，彩色底片或彩色摄像机对各种颜色能提供与原景物近乎同样的还原效果。所以拍摄外景时颜色还原最好，复现的颜色符合人们的习惯，色调不失真。白炽灯、碘钨灯、溴钨灯、镝灯等几种光源的显色性都比较好，适用于辨别颜色要求高的视觉工作、彩色电影的拍摄、染料、彩色印刷、纺织、食品工业和商业等。特别是溴钨灯、镝灯这两种新光源拍摄和放映彩色电影，屏幕上的影像色彩很鲜艳，清晰逼真，在其它方面的应用也有广阔的前途。

但有时，却要有意歪曲某些颜色来满足需要，如正在研究的所谓光源的“喜爱指数”：首先要确定一些常见物体的喜爱颜色，如人们认为美丽的面部颜色、新鲜肉类食品及蔬菜水果等颜色，并希望通过光源的照明将它们真色变为“喜爱的颜色”。例如国外特制的一种柔白色荧光灯，能压低绝色，加强红色，肉食品在其照射下显得更鲜艳；又如自然荧光灯，可以使人脸色看起来更加红润，健康等。

七、什么叫激光？

激光跟以前介绍的普通光源比有许多不同之处。所谓激光就是光受激辐射放大的简称。它通过辐射的受激发射实现光放大。它的特点是亮度高、单色性好、高度平行的相干光束。它一问世，就引起了人们普遍重视，并很快在生产和科学技术中得到广泛的应用。各种激光器的研制和激光的应用也在突飞猛进地发展着。作为激光器的工作物质已经相当广泛：固体、气体、液体、半导体、染料等。各种激光器发射的谱线分布在一个很宽的波长范围内：短至 0.24 微米以下的紫外，长达 774 微米远红外，中间包括可见光，近红外，红外各个波段；输出功率的峰值，小者只有几微瓦，大者可达 10^{12} 瓦。1. 激光器有几种？

激光器可从不同角度来分类：按其工作物质，可分为气体、液体、固体和半导体激光器等；按其工作方式可分为，连续的、脉冲的、Q 突变与短脉冲的等。

2. 激光有什么特性？

激光的方向性好。因此可用于定位、导向、测距等。如测地球跟月球间的距离，精度可达 $\pm 15\text{cm}$ ；

单色性好。

能量集中。普通光源如白炽灯发出的光射向四面八方，能量分散，即使通过透镜也只能会聚它的一部分光。而激光器发出的激光，由于方向性好，几乎是一束平行光，通过透镜后，可会聚在一个很小的范围内，因此，能量可在空间上高度集中。如果使用脉冲激光器，其能量可集中在极短的时间内，并以脉冲的形式发射出去，即激光又具有能量在时间上高度集中的特性。因为它把能量在时间和空间上能高度集中起来，所

以它具有很大的威力。

相干性好。普通光源的发光过程是自发辐射，所发的光不相干。但激光是受激辐射，故而是相干的，是全息照相需要的理想光源。

3. 激光是怎样产生的？

当一束光射入媒质时，通常同时发生三种过程：光的吸收过程；光的辐射过程；光的放大过程。假设媒质中某原子（或粒子），最初处于基态（稳定态），当它在光子流的照射下，原子（或粒子）有可能吸收光子的能量，从基态跃迁到激发态（不稳态），这种过程叫做光的吸收过程。发生吸收过程的必要条件是：入射光子的能量必须等于原子的两个能级的能量差。但满足上述条件的原子也未必就一定跃迁，因为这里还有跃迁几率问题。各个能级的跃迁几率差别很大，有的大，有的小，而有些能级的激发甚至是被“禁止”的。所有这些都决定于原子本身的运动规律。

原子吸收外界能量而跃迁到激发态，这个状态是不稳定的。原子在激发态停留的时间非常短，它们会很快地在没有任何外界作用的情况下，自发地辐射出光子束，从激发态返回到基态。这种过程叫做自发辐射。这种辐射的特点是：这种过程跟外界无关，各个原子的辐射都是自发地、独立地进行的，因而各个光子的发射方向和初位相都不相同。同时，由于大量原子所处的激发态不尽相同，可以发射出不同频率的光，所以自发辐射的频率范围很广。这就是普通光源的发光机理。如果在激发态能级上的原子，在它还没发生自发辐射以前，就在外来光子的影响下，引起从高能态向低能态的跃迁，并把两个能级之间的能量差以辐射光子的形式发射出去，这种过程叫做受激辐射——激光。受激辐射发出来的光子与外来光子具有相同的频率、相同的发射方向、相同的偏振态、相同的位相和速率。在受激辐射中，通过一个光子的作用，可以得到两个特征完全相同的光子，这两个光子再去作用其它原子就有可能获得 4 个光子，这种过程如此进行下去，就可能产生大量特征相同的光子（光放大）。

一束光照射媒质时，通常情况下上述三种过程将同时进行着。如果第一种过程占主导地位，光就被吸收（减弱），第二种过程占优势时，就是普通发光；第三种过程为主流时，就产生激光。那么，满足什么条件才能使第三种过程为主流呢？我们可用激活介质的工作模式图来加以说明。如图 1-8 所示。

图中所示： E_1 为基态， E_3 和 E_2 为激发态，其中 E_2 为亚稳态，原子在 E_2 上的寿命比在 E_3 的寿命要长得多。用 N_1 、 N_2 、 N_3 表示各态的原子（或粒子）数。在外界能源（电源或光源）的激励下，基态 E_1 上的粒子被抽运到激发态 E_3 上，因此， N_1 在减小。因 E_3 态的原子寿命很短，粒子将通过碰撞很快地以无辐射跃迁的方式转移到亚稳态 E_2 上。由于 E_2 态寿命长，其上就累积了大量粒子，即 N_2 不断增加， N_1 却逐渐减少，以致 N_2 大于 N_1 ，于是就实现了亚稳态 E_2 与基态 E_1 之间的反转分布（一般情况下，处于低能态的粒子数多）。三能级示意图中实线箭头所示的过程为主流，虚线箭头所示则为支流。具有亚稳态的物质如红宝石中的铬离子、氦原子、氖原子、氩原子、钕离子、二氧化碳等粒子，利用这些具有反转分

布的激活介质，就可以制成一台激光放大器（激光光源），当有外来光讯号输入时，其中频率 $\nu = (E_2 - E_1) / h$ 的成分就被放大（ h 为普朗克常数， $E_2 - E_1$ 为两能级间能量差）。

所谓三能级图（或四能级图），并不是激活介质的实际能级图，它们只是对造成反转分布的整个物理过程所作的抽象概括。实际能级图要复杂的多，而且一种激活介质内部，可能同时存在几对特定能级间的反转分布，相应地发射几种波长的激光。如氦氖激光器就可

以发射 6328\AA （埃）、 $1.15\text{ }\mu\text{m}$ （微米）， $3.39\text{ }\mu\text{m}$ 等多种波长的激光。又如氩离子 Ar^+ 激光器，能输出很多种波长的光，其中最强的是 4800\AA （蓝光）和 5145\AA （绿光），这两个波长目前在激光彩色电视中选为基色。

八、光是怎样传播的呢？

来自光源（或被摄物）的光，在空气跟镜头的分界面上将遵循什么规矩呢？当镜头的光圈调至跟波长可比拟时，将会有什么现象产生呢？这些问题涉及到一些光的传播定律。摄影者掌握了这些定律，就能在摄影中主动地应用它。

1. 什么是反射定律，什么是折射定律？

光射在空气跟镜头的界面上，将分为两部分，如图 1 - 9 所示。一部分光仍旧在原媒质中传播，但改变了传播方向，形成反射光线；一部分光进入另一种媒质里传播，一般也改变了传播方向，形成折射光线。但光在界面以外的均匀媒质中却都是直线传播的。如果要减少反射部分，增加折射（透射）部分，可在界面上镀上增透膜。根据反射定律和折射定律，可具体确定光的反射方向和折射方向。为此，如上图所示，设 n_1 和 n_2 分别为两种介质的折射率， a 为入射角， β 为反射角， γ 为折射角， NN' 为法线。

什么是反射定律？

反射线在入射线跟法线所决定的平面（叫入射面）里，反射线和入射线分居在法线的两侧，且反射角等于入射角。

什么是折射定律？

折射线在入射线和法线所决定的平面里，折射线和入射线分居在法线的两侧，不管入射角如何改变，入射角的正弦跟折射角的正弦比，对给定的两种媒质而言是一个常数，即满足 $\sin a / \sin \gamma = n_2 / n_1$ ；某种媒质的折射率等于光在真空中的传播速度（ c ）跟在媒质中的传播速度

（ v ）之比，即 $n_2 = \frac{c}{v}$ ； $n_1 = c / v_1$ ； $n_2 = c / v_2$ 所以 $\sin a / \sin \beta = v_1 / v_2$ ， $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。折射率大的媒质称为光密媒质，反之称为光疏媒质。

什么叫全反射？

光由光密媒质进入光疏媒质时，全部被反回的现象叫全反射。因为光从光密媒质进入光疏媒质时，折射角总是大于入射角。当折射角等于 90° 时（折射光沿界面传播时），对应的入射角叫临界角。当入射角等