

光是什么？

施士元編著

江苏人民出版社

目 录

一	光的一般特性	(1)
二	光有波动性	(7)
三	色与波长	(9)
四	光的干涉	(10)
五	光的衍射	(12)
六	光的偏振	(14)
七	光的电磁论	(16)
八	光子和几率波	(19)
九	波长很短的光	(22)
十	结束语	(24)

人們在生活中，在學習中，在建設社會主義的勞動中，隨時隨地要用到光。有了光才可以看到東西。人們用了光，不僅看眼前的一切，並且看很遠的很小的東西。用了光，人們可以看見億萬光年（一光年約為94500億公里）遠的星體。用了光，人們可以看分子和原子的結構。太陽光經常在製造碳水化合物，而碳水化合物是我們生活的必需品。紫外光，X光， γ 射線可以用來殺菌，是醫療衛生所必需的工具。光電管用來製造自動控制機器。光譜分析用來鑑定物質中很少的雜質。眼鏡是一種最簡單的光學儀器。除了眼鏡之外，人們還應用照相機、放映機、經緯儀、測高儀、測距儀等各式各樣的光學儀器。在工業生產過程中，用到很多的光學儀器。在國防配備中，也用到許多的光學儀器、光學的原理和光子方法。

人類的生活，人類的勞動，是和光分不開的。

一 光的一般特性

有的東西本身會發光，有的東西本身不會發光。太陽本身會發光，月亮本身不會發光。本身發光的東西直接就可以被人們看見，本身不發光的東西，只有當光照到那東西上，它把光反射或散射時才會被人們看見。

只有當光投到我們眼睛里，才會引起我們的視覺。我們的視覺是由于光所引起的。沒有光進入眼睛里，眼睛就不會看見東西。

那末,光是什么呢?光是会引起视觉的东西(见图1)。

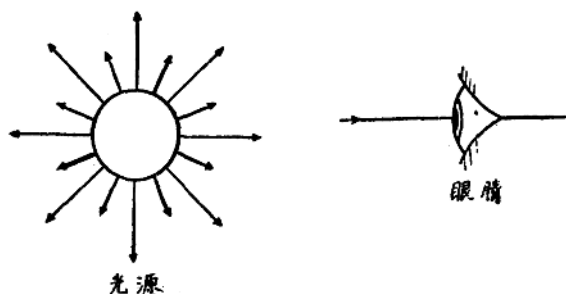


图 1 光是会引起视觉的东西

是不是所有的光都会引起视觉呢?是不是所有的光都可以看得见呢?不是的。太阳光里含有紫外光,紫外光是看不见的,红热的炉火中发出的红外光,也是看不见的。检查身体要用X光,X光也是看不见的。看得见的光叫做可见光。可见光只是所有的光中的一部分,大部分的光是看不见的。

要问究竟什么是光,最好从光的特性来说明。光有哪些特性呢?

首先,我们注意到光是一直走的。就是说,在一个均匀的媒介质(例如空气)中,光是沿着直线进行的。有许多人很会利用光的这种特性。当太阳光刺眼时,人们会用手来挡一下。如果光并不沿着直线进行,挡了也没有用;正因为光是沿着直线进行的,手挡住了光走的路,光就不刺眼了。对正目标瞄准,也是利用了光沿着直线进行的特性。在瞄准的过程中,眼睛正对着目标看,从目标上发出的光沿着直线投到眼中。由

于光沿着直綫进行，才可以瞄得准。

我們在日常生活中，常常看到光沿着直綫进行的現象，例如日光穿过空隙所射出的光芒，不透明的物体在日光或灯光下的影子等等。

利用光沿着直綫进行的性質，可以自制最便宜不过的照相机——針孔照相机。取一只長方形盒子，使它完全不漏光，把照相底片貼在盒子里面，再在面对着底片的一面用針尖刺一个小洞。这样就可以照相。在所有的照相机中，这样的照相机是最便宜的。

光沿着直綫进行的事实，引起了光綫的概念。一个发光体的表面上每一点，都会发出許多光綫来，而光綫就在光进行的直綫上。

不过我們應該注意，光并不是严格地沿着直綫进行的，光沿着直綫进行只是近似的。从一点的光源（称为点光源）发出的光通过一个小孔时，投到幕上就生成了小孔的象，但是在小孔的象上，边緣并不明确，几何投影以外还有光。这就說明，光通过小孔或通过障碍物的边緣时，并不严格地走着直綫的路綫。

光的第二个特性为：光的傳播速度是很快的，但它的速度并不是无穷大，在真空中光速为 3×10^{10} 厘米/秒。在透明的物質中，速度比真空中小。真空中的光速常用C字来表示。

$$C = 3 \times 10^{10} \text{ 厘米/秒}$$

光的第三个特性为：光投到一个物体的表面上时，分化成为反射的光和折射的光。

反射的現象也是常見的。鏡子中的象就是由于反射而成的。人站在鏡子前面可以看見自己的象。走向鏡子，象也走向鏡子。離開鏡子向后退時，象也向后退。向右边移動時，象也向右边移動。

鏡面反射所造的象有一個特點，象和物並不是完全相等的，象和物是不能完全吻合的。象和物是相似的。如果兩手手心對手心地舉起來，再在兩手中間擺一面鏡子，那末右手的象就在左手處，左手的象就在右手處。左手和右手是相似的，而不是全等的。

入射光綫和反射面的法綫（即通過入射點而垂直於反射面的直綫）所成的平面為入射平面。入射光綫和法綫之間的角為入射角。反射光綫和法綫間的角為反射角（見圖2）。

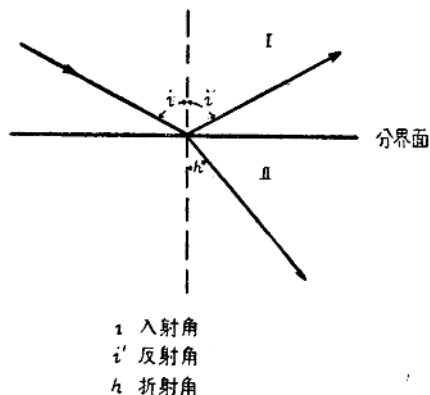


圖 2 在兩種媒介質分界面上光綫的反射與折射

正常情形下，光反射時遵守反射定律。反射定律說：反射

光線是在入射平面中，反射角等于入射角。

折射現象也是常見的。竹竿插在水中，看起來似乎在水面上的那部分和水面下的那部分并不是成直線地連着的，而似乎在水面處突然折斷的。这是由于从水面下的那部分竹竿上反射出来的光，在透過水面時經過折射，因此所看到的象并不和竹竿完全符合。

实际观察的結果表明：折射光線是在入射平面中，并且折射角的正弦和入射角的正弦成正比例，比例常数随折射面兩边的媒介質的性質而定。折射定律說：折射光線在入射平面中，并且入射角 i 和折射角 r 滿足 $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ 的关系。 n 称为第二媒介質对于第一媒介質的折射率。一种媒介質对真空的折射率簡称为那种媒介質的折射率。例如玻璃的折射率一般接近1.5。空气的折射率很近于1。真空的折射率應該严格地等于1。

第二媒介質对于第一媒介質的折射率，实际上就是这两种媒介質中光速的比。若第一媒介質中的光速为 v_1 ，第二媒介質中的光速为 v_2 ，則 $n = \frac{v_1}{v_2}$ 。若第一媒介質为真空，真空中的光速为 c ，于是任一媒介質对于真空的折射率为 $n = \frac{c}{v}$ 。 v 为在第二媒介質中的光速。玻璃的折射率若取1.5，在玻璃中的光速就为 2×10^{10} 厘米/秒。一般講来，折射率越大，其中的光速越小。

光投到两个媒介質的分界面上，在一般情况下，同时有反

射光和折射光。但是在特殊的情况下，只有反射而没有折射。

設有兩種媒介質，一種較密，一種較稀。密的物質折射率大，稀的折射率小。稀的物質相對於密的物質的折射率為 $\frac{1}{n}$ 。

設光綫从密的物質射到稀的里面，在分界面上，折射角比入射角大。入射角逐漸增大時，折射角就隨着增大。增到一個數值 θ 時，折射角變為 90° 。从那 θ 角起，只有反射光綫，而沒有折射光綫。這時候發生全反射現象。發生全反射的臨界條件

為 $\sin\theta = \frac{1}{n}$ ，或臨界角 $\theta = \sin^{-1} \frac{1}{n}$ （見圖3）。

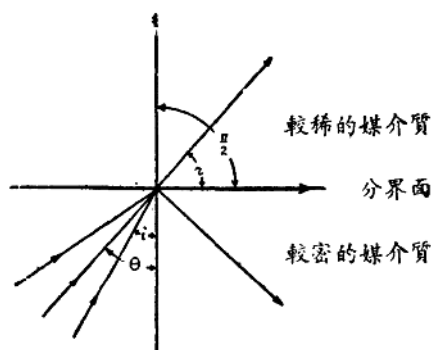


圖 3 全 反 射

當發生全反射時，其實，光並不是完全不進入第二媒介質（即圖2上II部分）中的，還有一部分光進入第二媒介質中，不過這部分的光的強度隨着進入的深度很快地減小，因此進入的深度是很小的。全反射現象可以用來測定折 射 率。顯

然，测定了临界角 θ ，就可以把折射率 n 定出来。

全反射现象在光学仪器中常被用来改变光的方向，使光的方向改变 90° 。例如用直角三棱镜，斜面与底面作 45° 角，在斜面上的全反射可以使投来的光方向改变 90° 。如果玻璃的折射率为 1.50，临界角就为 $41^\circ 50'$ 。所以和底面平行地射到斜面上的光线，它的入射角为 45° ，已经超过了临界角，因此可以发生全反射。

这种全反射三棱镜比金属反射镜耐久，因为金属表面或金属薄膜，容易生锈，容易被磨坏，而玻璃表面却比较坚固。

二 光有波动性

光在均匀介质中，以一定速度沿着直线进行；而在两种介质的分界面上，就分化成为反射光和折射光，可见光是具有波动性的。因为在均匀介质中，波动是以一定的速度传播的；而在不同的介质的分界面上，波就可以起反射和折射作用。

波动是在日常生活上常见的现象。在平静的湖面上投一块石子，石子激起一圈一圈的水波，水波呈园环形，向外扩张。水波传到哪里，哪里就发生振动。

把一根绳子的--端系牢，固定不动，--端握在手中，用手上下振动，这时，绳上就产生了波动。绳上的波动，是由于绳的振动沿着绳传播而产生的。如果手周期地振动，则绳上各处都同样地周期地振动。手来回振动一次的时间称为振动的周期；而绳上各点振动的周期和手振动的周期是一致的。如果

沿着繩子的波動的傳播速度為 v ，則在一個周期 t 的時間內，某一個振動傳過了 $\lambda = vt$ 的距离， λ 就稱為波長。在 1 秒鐘內，振動的次數稱為頻率。所以頻率 $f = \frac{1}{t}$ ，而 $\lambda = \frac{v}{f}$ 。波在繩子上傳播時，繩子的形狀隨時接近一個正弦的或余弦的曲線（見圖 4）。那曲線最高處稱為波峰，最低處稱為波谷。一

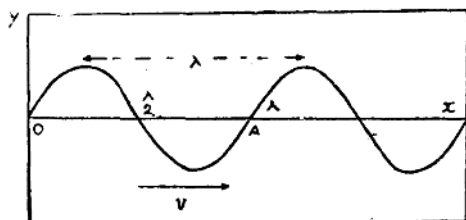


圖 4 正弦波。相鄰兩個波峰之間的距離為波長。

個波峰跟它最接近的波峰之間的距離就是波長。波長也就是波谷與波谷之間的距離。各個波峰處的振動是一致的，我們就說它們的振動的周期是一致的；波峰和波谷處振動的周相是不一致的，我們說它們振動的周相相差 180° ，或者說，它們的振動的周相是相反的。

光有波動性。光從一處傳到另外一處，就是有光波從一處傳到另外一處。光波的速度就是光的速度。光有一定的波長和一定的頻率。

在真空中光波的速度就是 $c = 3 \times 10^{10}$ 厘米/秒。在物質中，光波的速度一般比 c 小。

在物質中，光波振動的頻率並不改變。而光速改變，所以

波長也改变。

从一点的光源发出的光，在均匀的媒介質中，所傳到处連成一个球面，球面不断扩大。这样的光波是球面波。

离开点光源很远的地方，球面波上的一部分可以作为平面看待。这部分的光波是平面波。

光的波面是和傳播方向垂直的，光綫就沿着光的傳播方向，因此光綫和波面垂直。

从点光源发出的光綫，是从点光源向外散开的徑向（即向外沿着以点光源为圓心的半徑方向）的直綫。

用了光波的假定，可以說明光的反射和折射。用了光波的假定，也可以說明光沿着直綫进行的事实。此外还有许多事实証明光有波动性。

三 色 与 波 長

可見光有各种顏色。

太阳光通过三棱鏡后，分散成为紅、橙、黄、綠、藍、靛、紫七色的光譜（见图5）。

为什么白光通过三棱鏡时分化成为这样的光譜呢？这是因为紅光偏轉得少，紫光偏轉得最多。

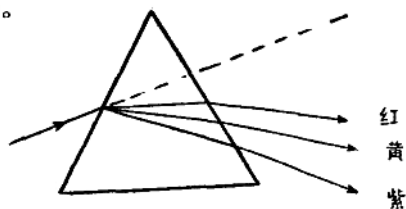


图5 白光通过三棱鏡分散成为有顏色的光譜

各种顏色的光的波長不同，波長不同的光在三棱鏡中折

射率不同。折射率不同，偏轉就不同。

在透明的物質中，各色光折射率不同的現象称为色散。一般講来，波長愈長，折射率就愈小。

利用色散現象，可以把一个光源的光分化成为光譜，用了光譜可以測定波長。所以色散現象不仅表示光有波动性，并且可以用它来測定光波的波長。

四 光的干涉

在日常生活中，光的干涉現象是常会看到的。肥皂泡上的顏色，水面上一层薄油膜的顏色，云母薄片的顏色，都是干涉現象。

要看到干涉現象还有一个簡便的方法：取一片感光过度的照相軟片，用刀片划出兩条相距 1 毫米左右平行的細縫，对着光看时，就可以看見几根相平行的明暗交替的条紋，那种条紋是由于通过那兩個細縫的光所起干涉而产生的。这种条紋称为干涉条紋(見图 6)。

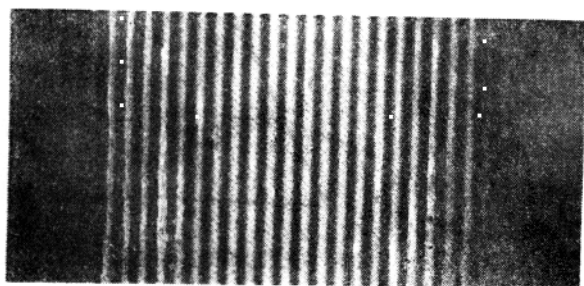


图 6 兩条平行細縫的干涉条紋

光的干涉现象就是兩道光同时通过一个区域，而形成明暗交替的条纹的现象：明的条纹处，兩道光互相加强；暗的条纹处，它們互相抵消。对于光的干涉现象，用光的波动性来解释，是很简单的；反过来，光的干涉现象表示光有波动性。

怎样用光波的概念来说明干涉现象呢？

如果有一道波长为 λ 的单色光，它垂直地射到一块平板上，板上有两条平行的细缝 S_1 和 S_2 （见图 7）。透过 S_1 和 S_2 的

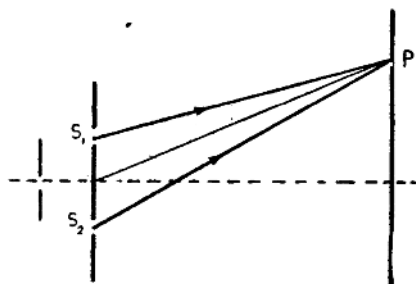


图 7 通过两条细缝 S_1 和 S_2 的光到达幕上一点 P 所走的路程 S_1P 和 S_2P 不一定相等。因此幕上产生干涉条纹。

光，可以被认为是从 S_1 及 S_2 两个光源发出的光。这两个光源发出来的光，在 S_1 及 S_2 处的周期是一致的。就是说，如果在某一个时候，从 S_1 上发出的光，在向上方向振动得最利害，从 S_2 上发出的光的振动也是如此。如果现在让光落在一个幕上，在幕上就可以看见有一系列的互相平行的明暗交替的条纹。这种条纹称为干涉条纹（见图 6）。

为什么有这样的干涉条纹呢？

在幕上任一点 P 处，从 S_1 和从 S_2 来的光的振动的周相不

一定是一致的，周相差隨着從 S_1 到P所走的路程和從 S_2 到P所走的路程的差別而定。如果路程差為零或為波長的整數倍，則兩波的周相一致，因而兩波互相加強，那點就是在亮的條紋上的一點。如果路程差為半波長的奇數倍，則兩波的周相相反，彼此相抵消，結果就最暗，那點就是在暗的條紋上的一點。

這樣，在幕上就出現了一系列平行的明暗交替的干涉條紋。

干涉現象是表示光有波動性的最有力的證明。

除了干涉現象外，光還有衍射現象。

五 光的衍射

光的衍射現象在日常生活中並不顯著，但是它對我們觀看東西卻有影響。我們看東西時，太小的東西看不清楚，就是因為光的衍射作用。用高倍顯微鏡看東西時，所能分辨的最小的東西也受到衍射的限制。我們看遠處的東西，詳細結構看不清楚，也是由於衍射的緣故。所以衍射現象隨時隨地對我們起作用，只是我們習以為常，沒有注意罷了。

衍射現象是怎樣的呢？

細看電燈泡里的發光的紅熱燈絲時，會看到亮的燈絲兩旁有一些微弱的明暗交替的條紋，條紋和燈絲平行。這種條紋就是燈光通過眼睛瞳孔的衍射光所形成的。

在夜里通過紗窗觀看遠處的燈光時，可以看見十字形的亮的條紋，十字形和紗窗的鐵絲平行。這種十字形的條紋，是由於燈光通過紗窗上許多方形小孔的衍射所產生的。用一塊

薄絹对准着灯光看时，也可以看到这种十字形的衍射条纹。

如果讓一个点光源发出的光投到一块版上，版上鑽一个很小的直径为一毫米以下的小孔，观看通过小孔中心和版面垂直的軸綫上各处的光的强度，就看見各处强度并不一致。有的地方特別亮，有的地方特別暗。而順着軸綫亮处和暗处交替地发生。

如果在最亮处擱一个幕。幕和軸綫垂直，在幕上就看見如图 8 的图样。中間是一块明亮的斑点，那个斑点比小孔的投影还要大一些。小孔愈小，斑点的大小和小孔的投影相差就愈多。在那斑点的周圍，有几个明暗交替的环。这样的图样，就是圓孔的衍射花样。

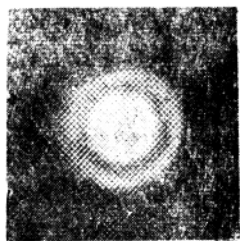


图 8 一个点光源的光通过一个圓孔后所形成的衍射花样

如果从斑点中心起，沿着一根直綫向外移动，同时把光的强度記錄下来，就得到图 9 的强度分布曲綫。那个曲綫的縱座标代表衍射花样上任一点的强度，横座标代表那一点离中心的距离对圓孔中心所張的角度。那个曲綫表示在中央有一个很高的高峰，那个高峰就是中心斑点所在。在那高峰兩边有一系列的低谷，低谷与低谷之間为比較低的峰。低谷就是暗环所在的地方，峰就是亮环所在的地方。

在这样的衍射花样上，特別應該注意的，就是第一个低谷的位置 θ_1 的数值。因为 θ_1 的大小，表示中央主峰的范围。 θ_1

越大，中央主峰就越大，也就是中心斑点越大。 θ_1 越小，中心斑点就越小。为什么这样重视中心斑点呢？因为在一般的情形下，中心斑点的强度总是远比周围的圆环强得多，它起着决定衍射影响的主导作用。

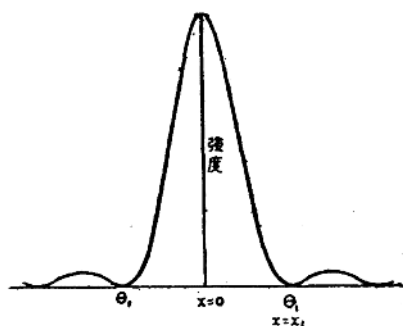


图 9 圆孔衍射花样上的强度分布曲线

θ_1 是随着光的波长和圆孔的大小而变的。波长越长， θ_1 就越大；圆孔越大， θ_1 就越小。理论计算的结果证明：

$$\theta_1 = 0.61 \frac{\lambda}{a}$$

其中 λ 为波长， a 为圆孔的半径。

从以上所讲的例子，可见衍射就是光并不严格的遵守直线进行的现象。衍射现象只有用光的波动性来说明，而衍射现象的存在更加表明光有波动性。

六 光的偏振

干涉和衍射现象表示光有波动性。光波传到哪里，哪里就发生振动。光的振动是怎样的振动呢？

各种的波动，就振动来说，基本上有两种：纵波和横波。所谓纵波，就是它的振动方向和传播方向一致的。所谓横波，

就是它的振动方向是在和传播方向垂直的平面中的。

光波是横波，不是纵波。光波中的振动总是和光波传播方向相垂直的。如果光沿着水平方向正对着我们射来，那末光的振动是在竖立的平面中。光的振动随时和传播方向垂直。

怎样肯定光波是横波呢？光有偏振现象，偏振现象只有横波才会产生。纵波不会有偏振现象。

例如一根绳子，一端固定，一端握在手中，使绳水平，手上下振动时，绳上产生一种波动。波动在水平方向传播，而振动是在上下方向，绳上的波就是横波。这种波是平面偏振波，因为振动方向限于竖立的平面中。

如果光传播的方向和图面垂直，它的振动在和图面平行的平面中。如果在和图面平行的平面中振动各方向的几率（几率的定义在“光子和几率波”中讲到）相等，则光是不偏振的。如果不是那样，那就是偏振的。

可能的偏振情形有好几种。振动矢量限于在一个平面中，

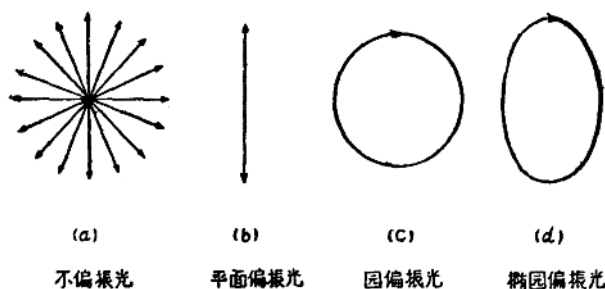


图 10 不偏振光与三种偏振光的情形