

光的世界

文雨編著



上海教育出版社

光 的 世 界

文 雨 編著

上海教育出版社

一九五九年·上海

光 的 世 界
文 雨 編著

上 海 教 育 出 版 社 出 版

(上 海 永 福 路 123 号)

上 海 市 书 刊 出 版 业 营 业 许 可 证 出 090 号

上 海 新 华 印 刷 厂 印 刷 新 华 书 店 上 海 发 行 所 总 經 售

开 本 : 787×1092 1/32 印 张 : 3 1/4 字 数 : 73,000

1959 年 11 月 第 1 版 1959 年 11 月 第 1 次 印 刷

印 数 : 1—8,500 本

統 一 书 号 : 7150·709

定 价 : (九)0.30 元

目 录

- 一 光綫和我們的关系····· 1
- 二 万紫千紅的天空·····17
- 三 佛光和蜃景·····42
- 四 蔚藍色的海洋·····50
- 五 美丽的昆虫和鳥兽·····54
- 六 植物的顏色·····61
- 七 彩色电影和彩色电视·····67
- 八 冷的光和热的光·····73
- 九 太阳怎样会发光·····83
- 十 看不見的光綫·····86
- 十一 我国古代在光学上的成就·····95

一 光綫和我們的关系

1. 光綫和我們的眼睛 光綫和眼睛的关系，正象空气和生命一样密切，要是沒有光綫，我們什么也看不见，而世界变成了漆黑一团。

大自然是美丽动人的，如果我們留意周圍各种植物的花朵和果实、昆虫、鳥兽、矿石和土壤，可以数得出千百样不同的顏色。

关于大自然善于創造鮮艳的顏色这一点，老早就被人們所注意了。

第一个揭露顏色秘密的，是十七世紀的英国物理学家牛頓。当时，天文望遠鏡发明不久，缺点很多，看起来不很清楚。牛頓想改良它，开始研究光綫怎样通过玻璃的問題。他把一間房間

关得漆黑，只在窗戶上开一条窄縫，让太阳光射进来，在太阳光射到墙上的前进道路上，放一个三稜鏡(图1)。

奇怪的事情出现了：从窄縫里射进来

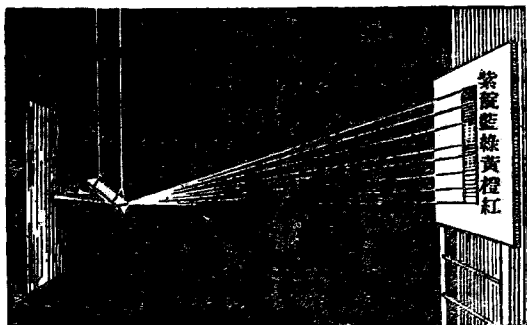


图1 牛頓的實驗

的太阳光，经过三棱镜再射到墙上，不再是一束白色光线，而是一条红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫的彩色光带，一条挨一条地排列着，样子极象天上的虹。

光的秘密洩露了，颜色的秘密也洩露了。这条彩色的光带，就是我们现在所知道的七色光谱。

怎么会发生这种现象呢？原来光从一种媒质进入另一种媒质的时候，因为它在不同媒质中前进的速度不同，就会改变前进的方向，不再依直线方向前进，这就是光的折射现象。三棱镜不但能使光线折射，而且因为光的波长不同，折射的程度也不同。假如透过它的光线只是一种波长，那么它出现的也是一种颜色；假如透过它的光线含有各种波长，那么它就会把各种不同波长的光分解开来，出现各种颜色。

各种波长不同的可见光，用眼睛来区别，就是各种不同的颜色。眼睛不能辨别白色光线中的七种颜色，三棱镜却能把它们分解出来。

由于各种光的波长各不相同，因此有眼睛看得见的光，也有眼睛看不见的光；眼睛看得见的光，就是太阳光通过三棱镜造成的那个彩色光谱。下面的表是各种光的波长。

色 光	在真空中的波长(单位：埃 ^①)
红 光	7700—6400
橙光和黄光	6400—5800
绿 光	5800—4950
蓝光和靛光	4950—4400
紫 光	4400—4000

那末什么是波长呢？波长就是在接連的两个波浪当中，从

① 1 埃等于 1 千万分之一厘米。

一个波浪顶点到另一个波浪顶点的距离。如果我们往水里投一块石头，就可以造成波浪。水面发生的波浪，是一个接着一个的。每个波的最高点叫波峰，最低点叫波谷。两个紧挨着的波峰或波谷之间的距离，就是波长(图2)。

光波同样有波峰和波谷。不过，光波和水波是不同的两种波。水波是水的一种振动，而光波却是一种电磁波(图3)。

除了这些可以看得見的光以外，波长

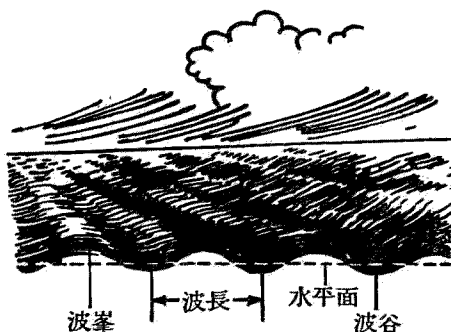


图2 水面的波

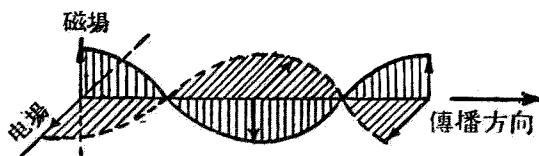


图3 电磁波

长于7700埃的是紅外線，波长短于4000埃的是紫外綫，都不是眼睛所能看得見的。

我們的眼睛,对于顏色的感觉虽然千变万化,但是光还是七色光譜中那些光,只是眼睛的反应不同罢了。

我們的眼睛有个缺点,它不能从混合的光里把各种不同波长的光辨認出来。各种不同波长的光,如果同时射进我們的眼睛里来,我們就只有純色的感觉,看起来是一种顏色。

为什么各种波长不同的光射进我們的眼睛,会显出各种不同的顏色的呢?这就要讲讲我們眼睛的作用。

人的眼睛好象是架活的照相机。它的构造非常复杂,是一

种专门管看的感觉器官。

眼睛的主要部分是眼球。眼球前面的凸出部分,叫做前房,里面装满了水一般的液体,叫做水状液。前房前面有一层透明的薄膜,叫做角膜。前房后面有一层不透明的薄膜,叫做虹膜。虹膜当中有个圆孔,叫做瞳孔。虹膜后面是睫状体,里面有一些肌肉,叫睫状肌。睫状肌夹着一个小小的象透镜的东西,因为它透明得象水晶一样,所以叫做晶状体。晶状体的后面是玻璃体,它里面装满了象玻璃一样的液体,所以叫做玻璃体。眼睛的最后面是视网膜,视网膜的中央是黄斑,视网膜上分佈着视神经。盲点在视神经出视网膜的地方(图4)。

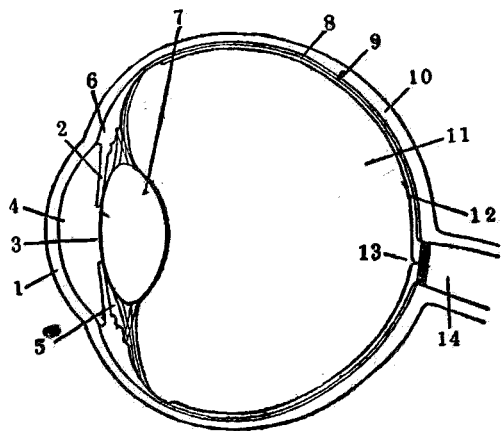


图4 眼睛的构造

1. 角膜 2. 虹膜 3. 瞳孔 4. 前房 5. 后房
6. 睫状体 7. 晶状体 8. 视网膜 9. 脈絡膜
10. 巩膜 11. 玻璃体 12. 黄斑 13. 盲点
14. 視神經

这些东西起着什么作用呢? 如果跟照相机比起来, 眼球的前部就象照相机的镜头, 晶状体起着凸透镜的作用, 后部就象照相机的暗箱, 而视网膜就象照相底片。当我们看一棵树的时候, 光线经树反射到眼球上, 通过角膜、水状液、晶状体、玻璃液, 在视网膜上造成一棵树的象。视网膜上的视

神经有感觉光线强弱和颜色的本领, 视神经感觉到有一棵树的

时候，便报告给大脑。这样，我们就看到这棵树了（图5）。

实物在视网膜上造成的象，和在照相机中一样，也是倒立的。这种形成倒立象的过程，是物理的过程；除了物

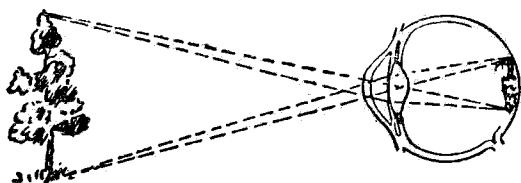


图5 外界物体在视网膜上的成象

理过程，视觉还有生理的过程，受生活经验的影响。由于视神经习惯把倒象看作是正立的，因此这个象在我们看起来也仍然是正立的。

照相机用对光屏来寻找物象投落的地方，找到后才将底片放在那里露光。眼睛却利用睫状肌的收缩，来改变晶状体的凸出程度，使实象落在视网膜上。照相机镜头上的玻璃凸透镜是坚硬的，它的形状不能随意改变，可是眼睛里的晶状体是柔软的，可以用睫状肌的收缩来改变形状。使晶状体凸出的程度小些，物象就离开晶状体远些；使晶状体凸出程度大些，物象就离开晶状体近些。所以，当我们看远的东西时，睫状肌就把晶状体弄扁些；而当我们看近的东西的时候，睫状肌又把晶状体弄凸一些。这样，物象就可以正好投到视网膜上，而我们也就能够看清东西了。

虹膜可以控制光线的多少，瞳孔可以放大和缩小。在明亮的地方，它就自动缩小，少放进一些光去；要不然，光进去得太多了，视网膜受不了。在暗的地方，瞳孔又自动放大，多放进一些光去；要不然，光进去得太少了，视网膜上的物象就太暗，使我们看不清东西。

照相机里还有一种叫做光圈的装置，它相当于眼睛里的瞳

孔。很容易了解，我們在强光下照相，就应当縮小光圈；而在弱光下照相，就应当放大光圈。

上面所講的这些，使我們了解眼睛的构造情况和看見东西的道理。

但是，它又是怎样会分辨各种不同的顏色呢？

原来視网膜上有两种感光細胞，一种是視杆細胞，一种是視錐細胞。这两种細胞各有各的本領，視錐細胞对强光起反应，在强光下面，它不但能使我們看清楚东西，还能辨别出顏色；可是对于弱光，却显不出力量。視杆細胞对于弱光感应灵敏，但对于强光却失去效用，它沒有辨别顏色的能力，只能区别光的强度(明暗)。鸡、鴨等动物的視网膜中，只有視錐細胞，在暗处看不見东西；貓头鷹、蝙蝠等动物的視网膜中，主要是視杆細胞，所以它們能适应夜間的生活。

視网膜上有三种能辨别顏色的視錐細胞，它們对光譜中的各种波长的光都能感应。它們中間有两种細胞最擅长接收光譜两端的波长的光，有一种細胞最擅长接收光譜中段的波长的光。我們对于顏色的感觉，主要就要看这三种細胞对射进眼里来的光线产生怎么样的感觉。

这些細胞在过度疲乏的时候，会減低工作能力，会产生互补色的現象。如果我們目不轉睛地注視着某一种顏色鮮明的物体，几秒鐘后轉眼看白色的东西，我們就会感觉它不是白色，而是一块飄浮着的顏色不同的色斑。这是因为我們眼睛里的三种細胞的疲劳程度各不相同，一种細胞疲劳了，其余两种細胞并不疲劳。比如对紅光看久了，接收紅光的細胞的疲劳程度就比其他两种細胞厉害；在白光进入眼睛的时候，其余两种細胞所受的刺激比較完全，产生了青綠色的感觉，就把它看成是青綠色的了。

我們如果把三張有色的紙片，一張紅，一張紫，一張青，并排放在一起，紫色的那張放在當中，看起來也會有奇怪的感覺。這紫色的紙片顏色是濃淡均勻的，可是看起來和青色紙片接觸的地方好象略帶紅色，而和紅色紙片接觸的地方，却又象帶青色。

這是怎麼回事呢？我們可以這樣說：因為我們先看紅色再看紫色，所以接收紅光的視錐細胞已稍覺疲勞，對紫色中的紅光，就不能夠完全適應了。

這是一種色幻視。各種繪畫和裝飾，要用到色彩時，也常常利用這種效應。畫家在某種顏色旁邊添上別的適當的顏色，就能使那種顏色改變色彩，或者顯得特別明朗。

我們眼睛容易誤斷有色物體的距離。紅色光綫比青色光綫屈折較少，因此我們的眼睛總以為紅的物體比青的物體遠一些。一青一紅兩個物體大小相等，離開我們的遠近也相等，我們就容易看錯，以為青色的物體比紅色的物體大一些，因為我們以為青色物體比紅色物體近。一間紅色牆壁的房間，看起來比同樣大小的青色牆壁的房間大，也是這個道理。

2. 光綫和我們的視力 我們已經知道，光綫是視覺活動的要素，所以對選擇適宜的光綫是非常必要的。

光綫的強弱，對我們的視力有很大的影響。光亮，容易辨別物體；光弱，就難辨認。在光綫不足的情況下使用目力，勢必要把物體移近眼睛，加強調節和輻輳，引起視覺的緊張和疲勞。再象閱讀一本灰黃紙的書，上面字跡不顯，要比閱讀用黑字印在白紙上的書需要更多的亮度，因為灰黃紙反射光的能力比白紙的小。

大家都有這樣的經驗，一走進已在放映的電影院時，必須隔一些時間才能慢慢地看見周圍的觀眾；從屋裡走到戶外陽光底下，會感到目眩。道理是從亮處驟然到暗處，視網膜上的視杆細

胞，需要一定的時間來重新分解視紫質^①，才能逐漸開始識別物體。這時瞳孔擴大，使落在視網膜上的光綫增加，幫助看清物體，這叫做“暗適應”，正常人一般需要4—5分鐘。從暗處驟然到亮處，瞳孔縮小，視網膜色素細胞滲出了黑色素，使強光刺激減弱到一定程度，以便引起視錐細胞的反應，這叫做“明適應”，一般需要5—10分鐘。忽明忽暗，或者亮度一再變化，使眼睛難於適應，久了就會損害我們的視力。為了使眼睛的適應能力恒定不變，保證我們眼睛的正常工作，必須要求光綫均勻，視野里沒有陰影。光綫過亮，會使我們的視覺機能發生障礙，叫做“眩暈”。這時對微細部分不能清楚的識別，主覺上有種種不快感，如眼睛刺痛、頭痛等。高度的眩暈，會惹起視網膜感光細胞的破壞，因此發生視野暗點。例如，過去有人觀看日食時，沒有很好地防護眼睛，以致使視網膜受到損傷。

有些人有這樣的習慣，歡喜在車上看書，這種習慣不好，因為乘車的時候，車身顛動，身體與書本的搖晃，使眼睛與書本不能保持恒定不變的距離，而且車子移動時，光綫常常在變動，眼睛需要不斷適應，容易疲勞。

在不適當的光綫下看書寫字，常會引起視力損害。學生一天到晚有很多時間對着黑板看，如果黑板本身耀光，或者坐位距離黑板太遠，都會損害視力。晚上看書寫字的時候，如果燈太高太暗，也會影響視力。

天然光綫——太陽光既經濟，又能保持我們良好的視力，比人工光綫來得好。

現代人工光源，一般用的是電燈。正確的照明應該是水平視綫和光綫之間的角度大於 30° ，就是盡量使集中的光綫遠離視綫，要是讀書寫字或做某些精細的工作，要把燈裝在書架或工作

① 是一種化學物質。

台上，使光綫集中在需要的地方，最好利用灯罩，防止光綫直接射进眼睛，产生眩目。用乳白色的灯泡，要比用普通灯泡好，因为光綫均匀。光綫射在乳白色的玻璃上，經過了散射才射进眼睛，就不致产生眩目。但灯泡支数要大一些，才能得到合适的照度。

3. 远視眼和近視眼 照相机出了毛病就不能拍照，这个道理应用到人的眼睛上面也完全一样，因为人的眼睛出了毛病，那当然也就不能很好地看东西了。

眼球里面也有一块象照相机镜头的东西，这就是晶状体和它外边的角膜。論功用，眼球与照相机镜头沒法区别。所有射入眼内的五色繽紛的光，通过角膜和晶状体，就形成一个焦点，光綫的焦点如果落在視网膜的黄斑部分，人就清楚的看見了景象。这是好眼力。

会照相的人，都懂得，景物有近有远，要想照得清楚就要靠調节。也就是說，不論你的眼光是近是远，都能把光綫的焦点恰好調节到胶片上来。差不多所有的照相机都附有这套調节用的設備。可是人眼它靠什么东西来調节呢？

奇妙得很，人眼里也有一套专管調节的装置。那就是靠近晶状体两端的睫状体的睫状肌来調节。

睫状肌能伸能縮，看近的时候，睫状肌收縮，悬韧带寬弛，由于它的彈性，它的凸度就增加，近的对象反射的光綫經過它所形成的倒立的象就能够落在視网膜上；看远的时候，睫状肌舒張，悬韧带收縮，它的凸度就減低，远的对象反射的光綫經過它所形成的倒立象也能够落在視网膜上。这就是說，眼睛能够看清楚不同距离的东西，主要由于晶状体能够形成不同的凸度。晶状体能够灵活地改变凸度，是由于睫状肌的活动。

这种調节作用完全是自动的，我們每天能够非常滿意地观

察或近或远的东西，看得那样清楚，睫状肌不知帮我们多少的忙呢！

有些人的眼睛是正常的，也有些人的眼睛是不正常的，甚至有使人头痛的眼睛。在我们的读者中间，一定听说过或许自己也经历过，只要你一拿起书本，看不了几行，就会说：“糟糕！怎么这样头痛啊？”

很少有人想到，这是眼睛的缘故，眼睛使人产生头痛。这种使人头痛的眼睛，就是我们平常所说的远视眼（图 6）。



图 6 远视眼

好眼睛看东西，有一个特点：看远处，不需要调节，光线的焦点自然地落在视网膜上；可是，看近处就比较吃力，全仗睫状肌的适当收缩，才能看得清楚。远视眼的睫状肌，看近处的时候，却需要用力收缩。因为睫状肌过度收缩，时间一久，疲乏了，于是感到头痛，再也看不下去了。

患远视眼的人在看近处物体时，睫状肌为什么需要额外调节呢？

因为，绝大多数的远视眼，眼球比较扁，近处射来的光线，焦点常常落不到视网膜上面，而落到后面去了，这样当然会看不清东西，因此睫状肌要努力收缩，把晶体的形状变一变，使焦点落在视网膜上。

正常眼球的前后距离约 23 厘米，远视眼的眼球不到这个长度。

人一生下来，眼球大多是扁的，嬰孩时期是这样，到小孩子还是这样，一直到青春发育，眼球才随着发育变大，长到前后距离 23 厘米左右时，就停止再长。要是那些人长不到这个长度，依然是扁眼珠，这就造成了远視眼。

小孩子虽然远視，但孩子們看书，沒有嚷头痛的，这是因为小孩子們的睫状肌調节能力强的緣故。年青人也如此。愈到老年，睫状肌的調节能力愈差，即使看远处的东西，也会感到困难了。

远視眼不仅使我們无法坐下来讀書和作精細的工作，还会有一些别的不舒服的地方。

有人在看书不久，常常擦他的眼睛，因为他的眼睛看字很模糊，擦眼睛休息一回，固然要好一些，再去看看书时，又感到同样的不舒服。这不是别的緣故，是因为睫状肌起先有能力調节，不久就又疲乏了，一松懈下来，就看不清东西了。

矯正远視眼的办法，是戴远視眼鏡。远視眼鏡上装的是凸透鏡。远視眼戴上眼鏡后，等于使它的太扁的晶状体变凸一些。这样一来，近处东西的象就刚好投在視网膜上(图 7)，因而就能看清楚东西了。



图 7 矯正远視眼的方法

和上面的一种情况刚刚相反，是眼珠子不断地发育，向前后长，前后距离超出 23 厘米以上。这种眼睛象枣子似的变成长形，所以叫它做“长眼”。长眼就是我們平常所說的近視眼(图 8)。



图8 近視眼

眼球变长，視網膜和晶状体之間的距离变远，通过晶状体透入的光綫，焦点达不到視網膜的黃斑上，只能看到模模糊糊的影子，看远处的东西，就只能看得很糊涂了。

患近視眼的人，看远处迷迷糊糊的东西时，常常眯着眼睛。因为他依靠眯眼的力量，把瞳孔縮小，瞳孔一收縮，抵达視網膜的光綫就比較能够集中，看远处的东西时就显得清晰了。

这种眼睛虽不会使人发生头痛，但却会給人們看不清楚物体的苦恼。

有人說：“用功的人容易得近視眼”。这話虽然不完全正确，却不能說一点沒有道理。

一切坐着看书，作細活的人，用眼睛看近处所費的眼力相当大，尤其是长在眼球內側的那对小肌肉——內直肌，得把眼球紧紧的向內集合，方能看清近处的东西。这两块小肌肉，又是最会疲劳的。它們一疲劳，眼睛就会觉得不舒服，額头也感到不自然。这时候，眼睛是在告訴你：應該休息了。

內直肌拉得很紧，把眼珠子拖到一边去，那么，那块外直肌呢，正好处在相反的地位，它只好放松，让眼珠子可以轉过去。可是眼珠子一轉过去，就会被外直肌拉着，久而久之，眼珠子就被拉成长形眼，开始变成近視。所以說，用功的人，如果在眼睛要求休息的时候，不及时休息的話，的确是有害的。

近視眼往往开始在二十岁上下的年青人，因为这种年龄正是看书作細活的时候；同时，眼珠子还没有发育长成，很容易改

变。

唐朝大诗人白居易，有一首描写他自己得近视眼的诗，题为“眼病”：

散乱空中千片雪，朦朧物上一层紗；

纵逢晴景如春雾，不是春天也看花。

这是一首描写近视眼的很生动、很确切的诗。

矫正近视眼的方法，是戴近视眼镜。近视眼镜上装的是当中薄四边厚的圆形玻璃片——凹透镜。凹透镜的性质跟凸透镜相反。近视眼镜（凹透镜）可以部分抵消晶状体（凸透镜）的凸出程度。这就等于把近视眼的太凸的晶状体弄扁一些。这样一来，近视眼镜就能帮助近视眼看清楚远的东西（图9）。

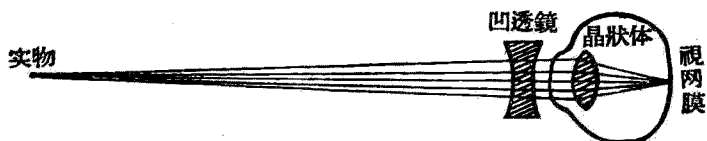


图9 矫正近视眼的方法

4. 一种分辨不清颜色的眼睛 我们的眼睛除了能识别物体的大小和形状以外，还能分辨各种颜色。这种分辨颜色的感觉机能，就叫做色觉。对人的眼睛来说，自然界中的一切颜色，都可以归纳为红、绿、蓝三种基本颜色；反过来，把这三种颜色按照不同的比例混合起来，就可以得到其他的各种颜色。这是因为视网膜上有三种辨别颜色的视锥细胞，可以单独感觉红色、绿色和蓝色，而其他的颜色，可以由联合使用这三种细胞而感觉出来。但是，这是指具有正常色觉的人。如果这三种细胞中缺少了一种，或是其中一种一部分失去了效用，那就是我们普通所说的“色盲”了。

最常见的色盲，是红色盲、绿色盲或红色绿色盲；而蓝色盲

或全色盲是极少的。患紅色盲的人，是因为缺少了感覺紅色的細胞；綠色盲或者紅色綠色盲的人，是因为缺少了感覺綠色的細胞或者同时缺少感覺紅色和綠色的細胞；藍色盲或全色盲的人，是因为缺少感覺藍色的細胞或完全沒有感覺顏色的細胞。

色盲有先天性和后天性两种。患先天性色盲的人，大多是由遺傳而来的，一般双眼都是色盲。患后天性色盲的人，是由于視神經萎縮或視網膜疾患所引起的。到現在为止，色盲还是一种不能医治的病症。

患色盲的人，其中大部分是男性，男性患者約占总人口数的4%；而女性比較少，女性患者約占总人口数的0.4%。患先天性色盲的人，往往自己不觉得，一般是在体格檢查的时候发现的。不过，他們能从日常生活的經驗体会中，学会根据各种顏色鮮艳程度的不同，而在一定的程度上分辨紅、綠顏色。

做这样一些工作的人，例如美术家、化学家、医生、駕駛員以及用顏色信号的运输机构的工作人員等，必須具有正常的色觉。否則，不但会在工作中发生困难，还会引起严重事故。所以在入学和就业体格檢查的时候，色觉的檢查，有着重要的实际意义。

5. 你听說过雪盲嗎 气候严寒的地方，如北极、寒带，以及我国的高山地区如西藏，有所謂“冰天雪地，銀色世界”之称。生活在那里的人們，經常在雪地里来往，由于雪地上反射出来强烈的光綫，直接照射着人們的眼睛，有时会使眼睛受到伤害，以致看不見道路，好象成了瞎子，这种現象叫做“雪盲”。

这种現象，很多人认为与太阳光中的紫外綫有关，雪地反光中如果含有多量的紫外綫，照射到眼睛后，可使角膜、巩膜上的上皮細胞发生化学变化，上皮細胞可能由于受到燒灼而脫落，以致角膜渾浊。

雪盲的发生，也与雪地反光的强弱有关。天气晴朗，空气清

洁,太阳光直射到地面时,其中的紫外綫就容易达到地面上,雪地反射出来的光綫中也就含有强烈的紫外綫,因此容易使人发生雪盲。天雨或下雪,空气潮湿或有烟尘,太阳光中的紫外綫未达到地面以前,一部分就被大气吸收了,在这种情况下就不会发生雪盲。在我国西藏地区,因为那儿有最高大的雪山,因此有患雪盲的現象发生。

强烈的太阳光經雪地反射后,可以使眼睛受到伤害。如果不經過反射直接照射到眼睛里,会不会伤害眼睛呢?曾有些人用眼睛观看日食时对太阳光凝視,仅仅两三分钟時間,就可能发生“日食盲”。患日食盲輕的可以治疗,重的就不能完全恢复正常。但不是由于紫外綫的作用,而是由于阳光中的可見光綫和紅外綫到达視网膜上,轉变为热能而引起的視网膜灼伤。但是这种情况并不常发生,这是由于人們的眼睛有天然的保护作用,遇到强光时立刻感到晃眼难受,而双目立刻自然閉合,因此在强烈的太阳光下,人們不可能張目对日,所以避免了这种伤害。

太阳光也可由海洋的水面反射,引起与雪盲一样的現象,在海濱旅行或者航海的人可能发生;用瀝青或煤焦油筑路的工人,或搬运这种物質的工人,也可能发生与雪盲同样的現象,这是由于瀝青或煤焦油經太阳光直接照射后,发生“光化作用”而产生紫外綫引起的。电焊时火花和弧光灯的强光,也可产生出强烈的紫外綫,所以电焊工人和弧光灯下工作的人員,如拍摄电影的工作人員也可能发生类似雪盲的現象。

虽然紫外綫对人类的健康有这样多的威胁,但是大量而适度的紫外綫照射,可以杀灭病菌,促进身体健康。所以人們應該經常接触阳光,房間应当阳光充足。

那么如何預防雪盲的发生呢?

在雪山地区工作或者旅行的人,只要戴上普通的黑色或黄

綠色玻璃眼鏡，避免雪地強光的照射，就不會發生雪盲了。因為紫外綫通過普通的玻璃時，大部分被吸收掉，如果玻璃是黑色或黃綠色的，它吸收紫外綫的作用就更強。藍色玻璃的眼鏡吸收紫外綫的作用較小，不能達到預防的目的。在其他有強光的環境下，如電焊、攝影、海濱或海洋旅行時，只要備有這種有色眼鏡，也可以使眼睛不受到傷害。但在觀察日食時，戴這種眼鏡並不能完全防止眼睛不受到傷害。

那麼，我們平常戴一副有色眼鏡，能不能收到保護眼睛的作用呢？在一般生活環境下，戴一副有色眼鏡是沒有必要的。因為戴慣了，會減弱眼睛對外界環境的適應能力。只有在夏天烈日當空的時候，到野外工作或郊遊時，才有必要戴上有色眼鏡來保護眼睛。

二 万紫千紅的天空

1. 藍藍的天空 隨便走到哪里，我們看到的東西，除了无色透明的水或玻璃之類以外，都有一定的顏色，有的白，有的黑，有的綠，有的粉紅，有的淡黃……。大自然有着藍藍的天空，青青的遠山，葱綠的樹木，紅艷的花朵，等等。

天空呈現着各種不同的顏色。白晝，通常滿天是淡藍的顏色，有時候，還點綴着白色的，甚至於灰色的雲；太陽將升起或落下的時候，天空中又會呈現出紅的、黃的、紫的、灰的、褐的、金黃的等等各種不同的顏色，非常好看。

為什麼天空是藍色的呢？

很早以前，就有人注意到這個問題，但是一直到十七世紀，才有人由實驗證明：天空的顏色是從太陽光那里得來的。因為，我們所住着的地球上，存在着厚厚的一層空氣，空氣中飄浮着非常微小的我們的眼睛平常看不見的塵埃與水汽。當太陽光綫穿過這層空氣的時候，光綫就從這些微小的塵埃和水汽中向四面八方散射出來。這時候，藍色一端的波長短，比波長長的紅波更容易折向一邊。這好像微小的水波，撞在礁石上會被激回來，而較大的浪頭，卻能衝過礁石，再向前進。這樣，分解的作用發生，顏色也就產生了。

這些微小的塵埃與水汽顆粒的大小，對於產生顏色有重大的關係。顆粒愈小，散射波長短的光的能力愈強；只有較大的顆粒，才能散射波長長的光。

空氣分子是造成天空藍色的主要角色。因為空氣分子是非

常小非常小的顆粒，这种細小的顆粒，具有极强的散射波长短的波的能力。空气中的分子非常多，各个分子联合起来所起的散射作用很大。被空气分子散射出来的藍色光綫，就把天空染成一片藍色的了。

那为什么天空有时白色有时灰白色的呢？

这就要从云朵中的小水滴能否散射阳光談起。天空出現白色甚至灰白色，大多在天空布滿着朵朵的云块时发生的。那么云朵中的小水滴能否散射阳光呢？不能，因为云中的小水滴比空气中存在的水汽大得多了，这些小水滴，不适合于发生散射作用，而它們是把阳光中各种顏色的光綫一齐反射出来，这样反射出来的光綫就是白色的。假如太阳是在云背后，云层很薄，白色光綫可以从云里透过来，那么，我們就可以看到一朵朵或一层层的白云。假如云层很厚，从云层里透过来的光綫很少，云面就現出阴影，成为灰色。云层愈厚，灰色愈濃。但是，假如太阳不在云背后，云在太阳光的反射下，那么云层愈厚顏色就愈白了。

因为，空气中常常混有小水滴，而这些小水滴会反射白色光綫的緣故，所以天空的藍色是摻和着白色的成分而成为淡藍色。这种小水滴，离地面愈高的地方愈少。所以，愈到高的地方，天空藍色愈深。

你是否想到日出或日落的时候，天空中的顏色为什么又是那样的复杂呢？

这是因为，在日出或日落的时候，阳光所穿过的空气层比較厚，因此，傳到我們眼睛里来的顏色就和太阳在我們头頂的时候不一样了，这时候，太阳光中的藍顏色大多被空气分子散射掉了，只留下紅或黃的顏色。当这些或紅或黃的顏色，再加上天空原有的藍色和云的白色，在云边錯綜摻和起来的时候，紫的、灰的、褐的、金黃的顏色都呈現出来，將我們的天空煊染得分外的

美丽了！

2. 五彩繽紛的虹 涼爽的夏雨停止了。这时候的青草、树叶和屋頂，在剛露出的鮮明的阳光照耀下，閃閃地发着光。拉开了雨幕的天空那边，出現了一条彩色的光弧——一条美丽的彩虹。

虹是我們常常看見的，这种現象的形式有多种多样。虹往往是一条以多种色彩的弧或两条以上的弧的形状出現的。

虹早已为我們的祖先所熟悉了，虹在我国古书“詩經”中叫它做蜺，在“尔雅”中叫它做蜺。因为虹与降水現象发生关系，而降水的多少又直接影响农业的生产，所以我国劳动人民对虹的現象有深切的注意，并編歌謠来叙述它与农业生产的关系。如“东虹震雷，西虹雨，北虹出現发大水，南虹出現卖孩女。”类似这样的歌謠还有很多，如“东虹日头，西虹雨，南虹北虹卖儿女。”“东虹蘿蔔，西虹菜，起了南虹遭水灾。”“东虹裹隆 西虹雨，北虹出来刀枪劫，南虹出来卖儿女。”等等。

我国古时候关于观察虹来推断天气的諺語，的确不少，多带有普遍的真理，灵驗的很多。虽然很多符合科学原理，但有很大的地方性和局限性，某一諺語在北方非常灵驗，在南方則相反。同时因为受当时生产条件和知識水平的限制，还有不少是属于“知其然而不知其所以然”的經驗。其中有一些还含有封建迷信和唯心主义的牵强附会。因此我們必須用辯証唯物主义和历史唯物主义的眼光来看待这些諺語，这样就不难去粗取精，去伪存真了。

虹是大气中一种光的現象。当剛下过雨的时候，天空中还悬浮着含有濃密水滴的云块，或在下午的时候，当东方还在下着陣雨，而西边天已放晴，太阳光从西边照在东边的云块或水滴上，因为光綫在空气中进行的速度比在水中要快，所以光綫进入



图10 在落下的水滴上阳光受到反射和折射

水滴之后，发生折射和反射的现象，如图10。

前面已经介绍过，太阳光是由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七色光组成的，平常看起来是白色的，经过水滴的折射和反射作用，把各种颜色从白光分散开来，射入我们的眼睛中，就成为美丽的光弧，这就是虹（图11）。虹里的颜色总是依照一定的顺序排列的，好象太阳光通过三稜镜一样，紫色光的折射程度最大，红色光最小，因此就把白光分散成光谱。所以我们的眼睛从每个点所觉察到

的有着各种的色光。

有时候我们在虹的外边还可以看到一个彩环，颜色比较淡些，有时也很清楚，但不如虹那样的鲜艳。它的



图11 虹的成因

成因，也和虹一样，只不过是太阳光在水滴中多反射了一次（图

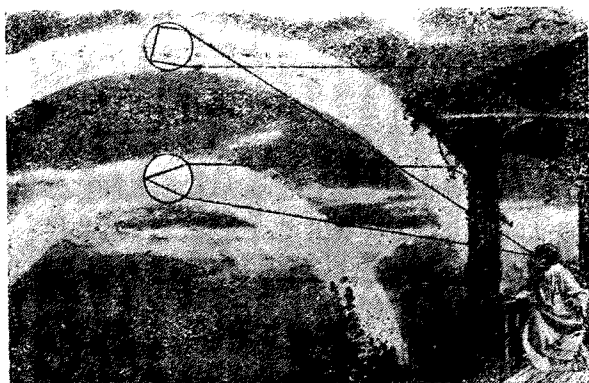


图12. 虹霓的成因

12)而已,所以它的顏色比較淡些。光色的排列順序和虹恰恰相反,紅色在內,紫色在外,通常叫它为霓,或叫它为副虹。图13的虹霓——二道虹,有时偶然在天空中可以看到。

虹的明亮程度是根据空中雨滴的数量和大小而改变的。雨滴愈大,虹愈明亮。只要回想一下,在雨季的夏天,下过大雨后,虹是多么鮮明灿烂。

虹的形状,也是因雨滴的大小而有所不同。当空中的雨滴較大的时候,在虹里,



图13 二道虹

綠色和紫色的光带特別鮮明,紅色光带也看得很清晰;較小的雨滴所造成的虹,是黃色光带較鮮明些;当虹完全是由細小的雨滴所构成的时候,在它里面只呈现出白色的光带,而虹本身就

显得寬些。

虹这种現象，只要我們稍加注意，在大自然界里可以經常观察到。象早晨的露水，在阳光照耀下就可显出彩虹；在阳光照耀着的噴泉的水珠里，也可以看到彩虹。

虹不是在任何什么位置上都可以投进我們的眼睛里，只有在适当的位置上水滴所反射出来的光綫，才能同时投进我們的眼睛里，这个适当的位置就是在同一个圓弧上，这个圓弧的半徑与我們的眼睛所成的張角大約是 42° ，如图 14 所示。我們与太

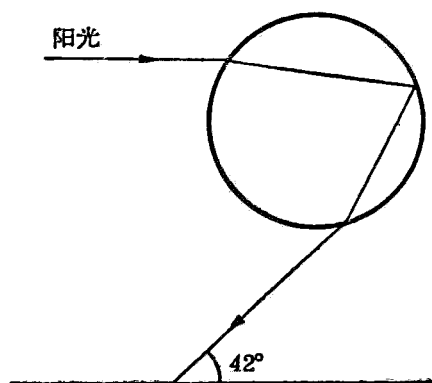


图14 圓弧的半徑和我們所張的角約 42°

陽的視角如果大于 42° 也就是說太陽的位置如果高出地平綫 42° 的話，那么我們就看不見虹了。从这里可以知道，虹的出現的位置和太陽的位置是正相对的，这完全可以 从图 11 中看出来。出現东虹的时候，太陽一定在西边；出現西虹的时候，太陽一定在东边，并且东虹出現的

时候，則西边的云已減少，太阳光可以射到东边的云块或水滴上；西虹正好相反，西边天空中有云块或正在下陣雨，所以說东虹和西虹是正常的現象，这种現象在夏天是常見的。

至于南虹和北虹，这是不太常見的。虹既然出現在太陽的对面，那么只有当南方正在下着雨而太陽位于北方，太陽高出地平綫的角度小于 42° 的时候，才能看到南虹。就我国的地理环境来看，南方下雨北方晴这种条件是可能有的，但除了在北緯

23° 以南的地方^① 以外，太阳从来不会出现在天頂以北的。再就我国北緯 23° 以南的地方来看，也只有夏至日附近，正午太阳位在天頂之北。但是正午太阳的高度角极大，即使南方有陣雨，在地面上也决不能看到南虹。由此可見，在我国境内任何地区是不会出現南虹的。要見南虹，只有到高緯度的南半球去才能看到。

北虹出現的条件是，北方在下雨而南方天晴，太阳位于南方，而且太阳的高度角小于 42°。在北緯 23° 以北的地方，正午太阳总是位于天頂之南，不过正午太阳的高度角是夏季大冬季小，例如北緯 40° 的地方（象距北京稍北的地方），冬至日正午太阳高度角只有 26° 多一点，这时如果北方正有陣雨下降，而太阳自南方傾斜射来，就可能看到北方的天边出現弓形的虹头（仅能露出半圓的上部一部分圓弧）。例如，1957 年 1 月 14 日上午，浙江省有些地方，在北方的天空里出現了北虹，因为 1 月 13 日后半夜，浙江北部杭州、嘉兴专区一带下了雷雨，雷雨停止后，浙江北部的天空中浮游着大量的小水滴。14 日是个大晴天，上午的太阳向四方射出了强烈的光芒，当太阳光照射到浙江北部天空中时，就形成了北虹。

根据我国的气候条件来看，冬季照例是干燥少雨的，尤其是北方，冬雨更少。再就雨的性質来看，冬季一般是連續性的雨，而夏季因为地面很热，空气对流旺盛，多局部性陣雨。在局部性陣雨的条件下，极容易出現一边下雨一边天晴的現象，所以虹大多出現在陣雨天气中。在連續性的雨区，滿天都是阴云，在观察者視綫所及的范围内，就极少有一边下雨一边出現太阳的場合。因此，根据各地观察統計，虹出現的次数夏季最多，冬季最少。关于虹的出現季节，我們的祖先在二千年以前春秋战国时代就注

^① 包括台灣、广东、广西、云貴几省的一小部分。

意到了。“礼記”月令載有“季春之月，虹始見；孟冬之月，虹藏不見。”由此可見，虹的天气諺語是有区域性的。我国流傳的許多天气諺語，其中一部分确实是我国劳动人民在生产斗争中获得的可貴的經驗，也有的是为了拼湊成句而編成的。

在天空中有时可以看到不只一条虹，而是两条、三条或三条以上的虹。

它們是怎样发生的呢？我們可以拿一滴雨滴来分析，图15是

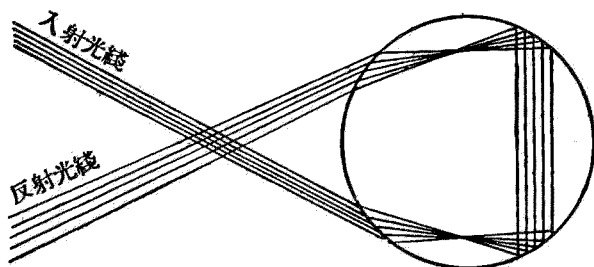


图15 阳光在雨滴里的两次反射

太阳光綫在雨滴里的两次反射。这和图16所发生的情形不相

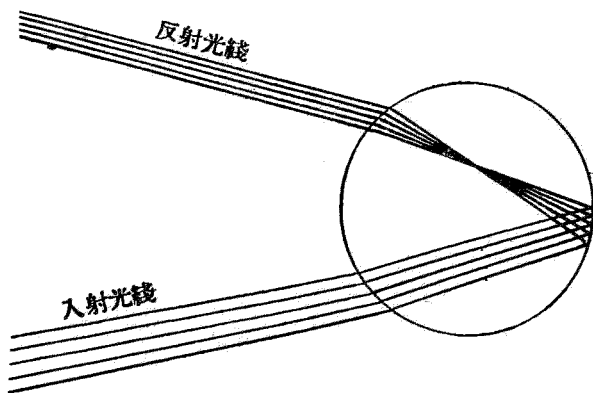


图16 阳光在雨滴里的一次反射

同，在这里光线从雨滴内壁反射两次，同时也分解成光谱。

二道虹有两条彩色弧带，一条在另一条的上面，如图 12 和 13 所示。两条虹的色彩排列次序恰好相反：如果在下面的虹（主虹），红色在上，而紫色在下，那么在上面的虹（副虹或霓），红色在下，而紫色在上。

下面的一条虹，通常是由于光线在雨滴里经过一次反射形成的；上面的虹是太阳光在普通虹的雨滴的上面另外一些雨滴中经过两次反射产生的。

有时偶而还可以看到三条或三条以上的彩虹同时在空中出现。这种现象发生的原因，是由于虹不但可以由太阳光直接反射而产生，就是被河、湖和海湾反射过来的太阳光也能造成虹。

有时在夜里月光下，也可以看到虹。夜虹是很稀少的天空现象，它的色彩不鲜明，观察也非常困难。

3. 清淨素雅的暈 当天空中布满着白色透明象薄纱似的云幕时，我们常常可以在太阳或月亮的周围看见一个光圈。这光圈有时只是白光，有时却带着颜色。这种光圈在我国有些地方叫它“枷”，但科学上叫它“暈”，并把太阳周围的叫“日暈”，在月亮周围的叫“月暈”。暈的圈有大、中、小三种，小的比较常见。

古时，人们对这些现象的产生原因还没有知道的时候，当天空中出现了一些复杂的暈（图 17），人们就非常恐慌，认为这是不祥的预兆，将要有一

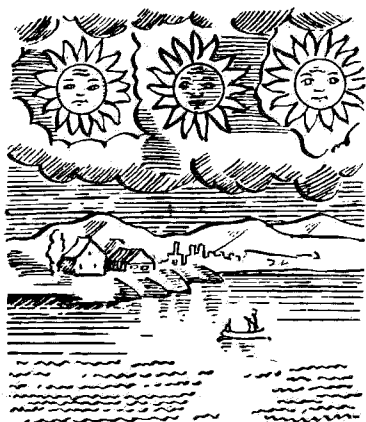


图 17 一幅天空中有三个太阳的古画

場灾难降临,但这些迷信的傳說,早就被科学家揭穿了。

量究竟是怎样形成的呢?

当天空中有白色透明象薄紗似的云幕的时候,就常常会出

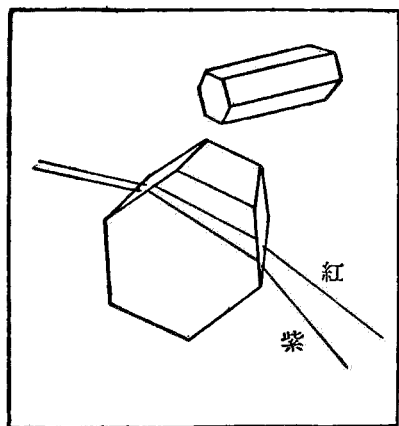


图18 光綫通过正六角形冰晶的断面时发生折射的情形

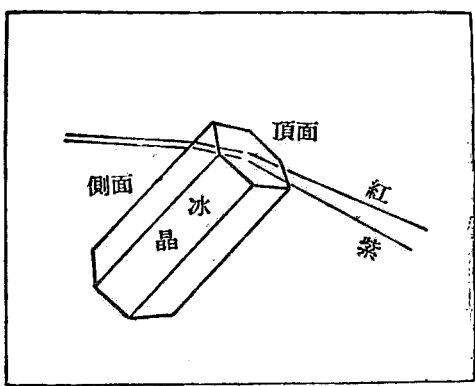


图19 光綫通过六角柱体冰晶的断面时发生折射的現象

現量。这些云我們叫它为卷层云。它的高度离地大約6—10公里,所以温度很低,任何季节里,温度都在摄氏零度以下。因此,这种云不是由小水滴組成的,而是由細小的冰晶組成的。这些冰晶常形成規則的形状,一般呈六角柱体或正六角形的薄片。当这些冰晶横在太阳光綫与人們的眼睛之間,光綫就象通过三稜鏡一样,不但要折射,并且要把白光分散成各种色光(图18和19)。由于紅光和紫光折射程度不一样,因此光綫通过冰晶时,就能看到紅、紫两种顏色的光。現在我們拿四个冰晶來說明

(图 20)。当阳光从甲、乙、丙、丁四个冰晶内部射出时，由于通过甲、丁红光的折射率小，因此映入我们眼睛的只有紫光；通过乙、丙两个冰晶的紫光折射率大，因此也只有红光能

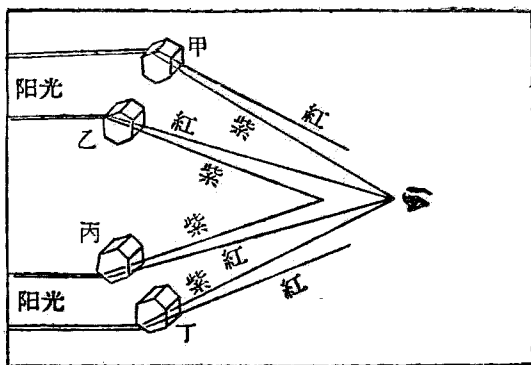


图 20 光线通过四个六角形冰晶时折射为上红下紫的两个小光点

映入我们的眼睛里。这样在太阳上部可以看到上紫下红的一个光点，太阳下部可以看到上红下紫的一个光点。但是实际上，当天空有卷层云的时候，天空中到处飘浮着很多很多的冰晶，因此在太阳的上下左右，分布在同一个圆圈上的冰晶，都能将色光折射到我们的眼睛里，把这些上下左右许多光点连起来时，就形成

了一个内红外紫的光圈了。

晕圈所以有大小不同的形式，它决定于云层中冰晶的形状与排列形式。如果大多数的冰晶是横排在太阳光线与我们的视

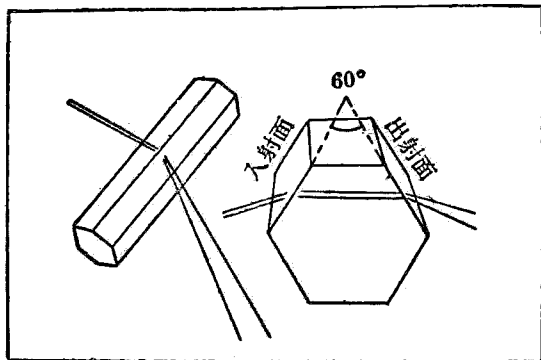


图 21 浮游在空中的冰晶如按这种形式排列的话，形成晕圈的直径就较小

綫之間,那么,这时阳光的入射面与出射面所成的夹角是 60° (图21),所以折射程度較小,因此所成的暈圈也比較小;如果空中冰晶并不是这样排列的,而是傾斜的排列,当阳光从冰晶側面射入,而在一个頂面射出,那么,这时阳光的入射面与出射面所成的夹角是 90° ,这样折射程度比較大,因此产生的暈圈也比較大。如果飄浮在天空中的冰晶不是正六角

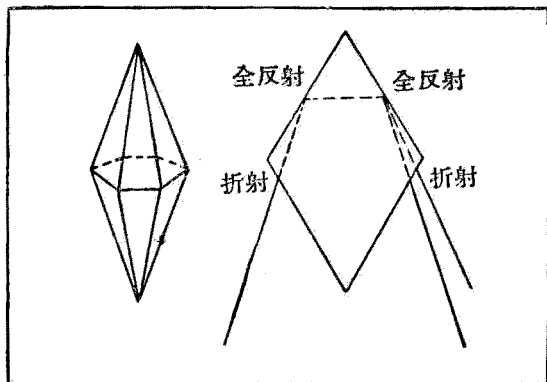


图22 光綫通过正六角錐体冰晶时,形成的暈圈就很大,在地面上的人这时只能看到暈圈的一半

入,而在一个頂面射出,那么,这时阳光的入射面与出射面所成的夹角是 90° ,这样折射程度比較大,因此产生的暈圈也比較大。如果飄浮在天空中的冰晶不是正六角

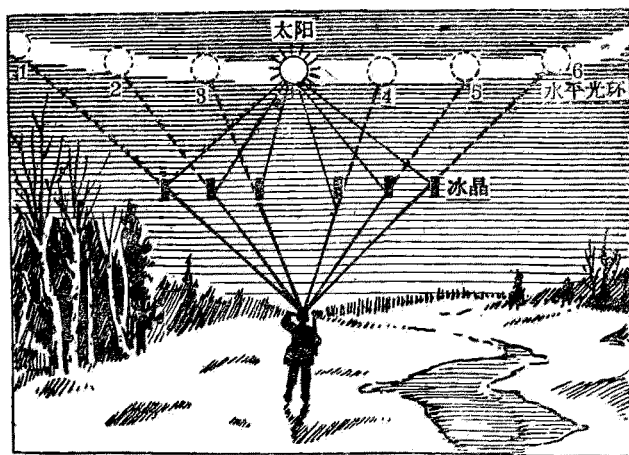


图23 光綫通过直立着的冰晶时,有时就会形成这种水平光环

柱体，而是正六角錐体(图 22)，这样太阳光通过冰晶时，經過两次折射和两次反射，形成的暈就非常人，因此出現的暈，在地面的人們只能看見一半，一半在地平綫以下了。这种暈出現的机会不多，所以我們平常不容易看見。

天上出現卷层云时，并不一定会有暈出現，还要看卷层云里的冰晶是否凝結成角柱体或角錐体；同时，凝結成角柱体或角錐体时，必須要有适当的凝結速度，过快和过慢都是不会凝成的。

除了环繞太阳或月亮为中心的暈圈以外，我們偶尔还能看到其他形式的暈。

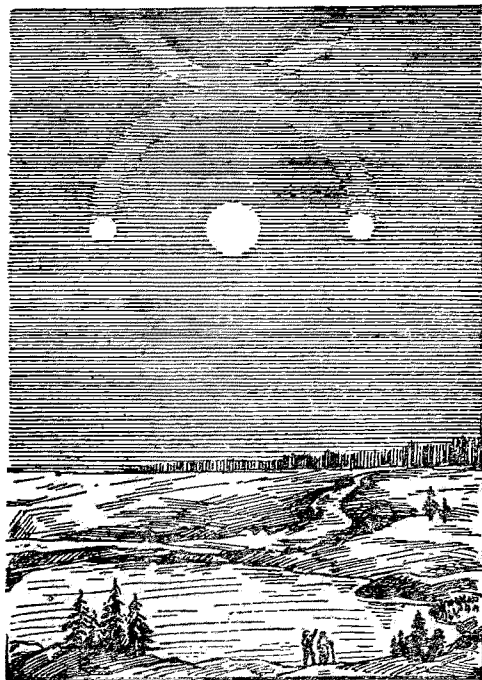


图24 假 日

一种是貫穿太阳与地平綫平行的光带，叫它为水平光环(图 23)；一种是在太阳左右同太阳相似的光点，叫它为假日(图 24)，另一种是通过太阳，垂直地面的光束，叫它为日柱(图 25)。

那末这些現象是怎样产生的呢？

水平光环，有时同暈圈同时

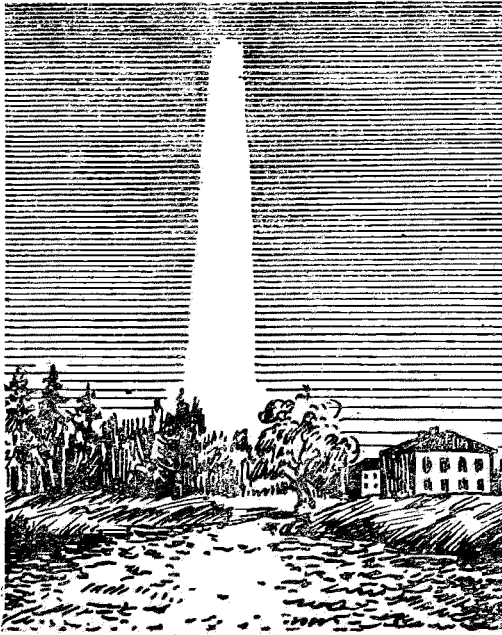


图25 日 柱

出現，是一种貫穿太阳和地平綫平行的白色光环。飄浮在天空中的冰晶，因为自身的重量和空气阻力的緣故，常使冰晶垂直于地面（即冰晶矗立着），当阳光投射在豎直排列着的冰晶的側面时，就好象射在玻璃鏡面上一樣，从鏡面上反射出来投射到我們眼睛里。这时

我們看到的太阳，就好象在太阳左右的一条直綫的位置上，如图23中的1、2、3、4、5、6的位置上。但是云层中并不是只有几个冰晶体，而是飄浮着无数的冰晶体，它們都起反射的作用，把阳光反射到我們的眼睛里，这是从各个方面来的阳光就連成一条光帶，这就是水平光环的成因。因为它仅是阳光的反射，不是折射，所以形成的光环是白色的。

当太阳升到地平綫上不远的地方；有时候会在太阳的左右两旁，出現两个同太阳相仿的光点，叫做假日。在历史上和一些傳說中都有天上同时出現三个太阳的叙述。

假日的出現，必須要晕圈和水平光环同时出現时才能形成。

当晕圈和水平光环相交的地方，因为两种光相交在一起，所以在交点上显得特别光亮，看上去好象两个光线比较弱的太阳。

有时我們还能看到另外一种有趣的晕的形状，那就是在太阳刚落下地平线的时候，突然在黄昏的黑暗的天空现出一根灿烂的光束，叫做日柱也叫光柱。

日柱是阳光经过空中飘浮着的片状冰晶体形成的。当刚落下地平线的阳光，投射到片状冰晶体的底面时，它们便把阳光反射出来，射入我们的眼睛里，因为我们只能看到直线的光，所以看到的太阳好象在地平线上面；如果天空中冰晶又多又厚，那就造成一条垂直地面很长的光束。

晕的出现，常与天气有很大的关系，天气谚语：“日枷风，月枷雨”就是我国劳动人民的经验总结。

关于晕，其实我们的祖先，对于这种现象的发生，早已经观察到，并且对它已经有了深刻的认识。谚语里所说的“日枷风，月枷雨”，也就是说在日月的四周，如果出现了围着它的白色圈子，好象古时候犯罪的人戴了“枷”，就有风雨要发生。

如果在有晕的时候，我们仔细观察天空，必然可以看到与它同时存在的，有一层薄薄的透明的云。它的形状好象由一根根丝组织起来的，也有象羽毛那样很均匀地布满了天空，这种云就是卷层云。

但是晕的发生，与天气好坏又有什么关系呢？我们大家都熟悉，低气压是坏天气的预兆，并象征风暴的即将到来。而上面所讲的卷层云，是每一个风暴外缘必然具有的一种云，所以卷层云的出现，它表示着有一个风暴中心正在逐渐逼近这个地区，因而云也会愈变愈厚，天空也愈变愈灰暗，天气也在愈变愈坏，最后必然有狂风暴雨的到来。所以晕的出现，就表示着将有风暴的来临。

每当一个风暴来到的时候,风与雨往往是同时上門的,所以日暈与月暈的出現,都代表着同一个意义,也就是說,风暴外緣的卷层云已經到达,并不是日暈只表示风,月暈只表示雨。

暈的种类很多,主要有 22° 暈^①、 46° 暈和 90° 暈。但一般常見的是前面两种。

4. 彩色的华 天空中的偉大园丁——太阳光和它的助手月亮光所栽培的第三种花園,就是华。夏天或秋天的月夜,当我們在院中乘涼或休息的时候,月亮光的清輝,使我們感到宁靜,解除了一天的疲劳。这时如果从天际飄来了一些魚鳞斑似的薄薄的云朵(高积云)遮住了月亮,使月亮光黯沉下来,我們不免要

① 空中的冰晶大都呈正六角柱体,柱体上底和下底的中心的联綫称做冰晶的軸綫,图26是光綫通过柱体发生折射的情况,柱体的軸綫垂直于紙面,图上虛綫部分表示假想的三棱鏡的主截面,棱鏡的折射棱角是 φ ,光綫 SN 經二次折射后所成的偏向角是 δ (折射棱角、偏向角等可以参阅高中課本物理学第三册第195、196頁), δ 的大小由光綫 SN 的入射角决定。理論上証明, δ 不能小于某一角度,这一角度

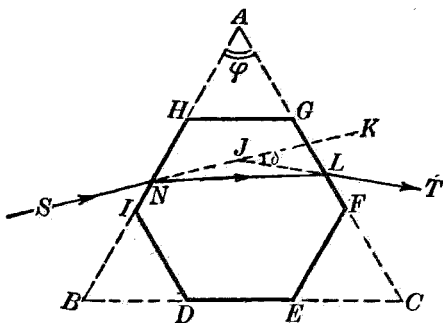


图 26

称做最小偏向角,通常用 D 表示,可以証明,当 $\angle SNB = \angle TLC$ 时, $\delta = D$ 。

設冰晶的折射率是 μ , 可以求得

$$\mu = \sin \frac{\varphi + D}{2} / \sin \frac{\varphi}{2}$$

但冰晶的折射率是 1.31, 对正六角柱体說, $\varphi = 60^\circ$, 从上式可以算出 $D = 21^\circ 54'$ 。軸綫在空中方向不同,使 $\angle SNB$ 的角度改变,而产生不同种类的暈。

感到大煞风景。但是我們別埋怨这些不速之客（魚鳞斑似的云景），它們也会給我們带来意外的礼物，就是在月亮周圍出現了一条美丽的圈形的彩带——华，又叫做月华。

当然囉，白天里在太阳周圍也可能出現同样的华，这种华我們叫做日华。此外，在光亮的星星附近，也可能出現华，不过光亮很微弱，不容易发觉。

华的顏色，虽然不如虹那样的鮮艳，但是也不象晕那样素淨，它的內緣显现青藍色、或藍色，外緣常为紅色（晕是內緣紅色而外緣青藍色）。华的大小，不象晕那样的固定是 22° 或 46° ，它的半徑通常是几度到十几度。

华常常出現在某几种云上，这种云就是高积云、低的卷层云和高层的层积云。头两种云，初看起来象一大片白色魚鳞或是象許多小棉花朵，云間孔隙的青天仍旧看得很明显。当它們遮住太阳或月亮的时候，太阳和月亮的輪廓仍能够辨出。层积云的色澤比較濃暗一些，象一床破棉被盖在天空，云上也偶尔有裂縫，露出青天。

华的成因，与虹和晕都不相同，不是由于折射和反射作用所造成的，而是由于光的衍射作用所造成。什么是衍射呢？当白光从小孔經過的时候，白光中的七色光綫就分散开来，环繞着小孔形成一个彩圈，紅色在外緣，紫色在內緣（图 27），这种现象就叫做衍射，也叫繞射。

現在介紹两个大家可以嘗試而又有趣的实验：

(1) 从鳥类的羽毛（例如鸡毛、鴨毛都可以）后面看太阳，就可以看出各种彩色，这是因为羽

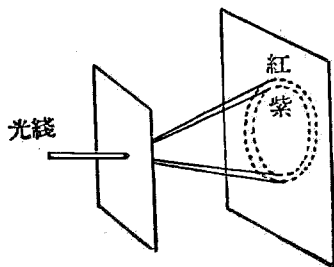


图27 华环的形成

毛上的細毛間有許多小孔；

(2) 在厚紙上用針尖穿一個小孔(這小孔必須穿得很小,稍大就看不出衍射現象了),從小孔後面看太陽,也可以見到各種彩色。

為什麼光綫經過小孔的時候,要發生衍射呢?這由於光有波動的性質。讓我們用水的波動來說明光的波動。丟一塊石頭在平靜的水池里,水面上便起了一圈一圈的波紋,向四周傳出去。如果將一根棍子平平的丟到水里,在水面上便發生一排一排的波浪,向兩邊傳出去。假設在水中碰到障礙物,在障礙物上有一條缺口,這時候的波浪經過缺口以後,便起了變化,波進行的方向便要向兩邊偏散開來,波動的形式不再是一排排的直綫,而是一圈圈的波紋了,如圖 28 所示;假如缺口較大,出來的波紋是扁圓形的,如圖 29 所示,假如缺口很大,出來的波紋和原來的

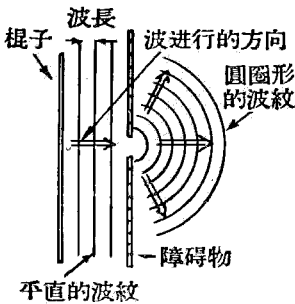


圖 28 缺口較小,經過缺口后,波動偏散的程度大

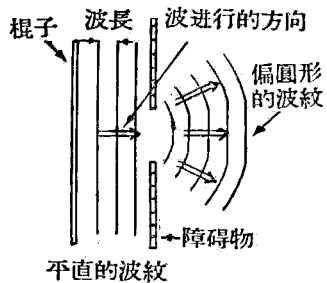


圖 29 缺口較大,經過缺口后,波動偏散的程度小

波紋便不會有什麼不同的了。現在再回到原題,太陽光從很遠的地方射出來,我們可以認為它的“波紋”是平直的,經過雲中小孔的時候(小孔的大小必須和光的波長相近,也就是約為千分之一到萬分之一毫米),太陽光便向四周偏散開來,就成了華。

为什么紫色在内紅色在外呢？这是因为紫色光的波长最短，偏散程度小，紅色光的波长最长，偏散程度大。

云是許多的小水滴和小冰晶所构成，它們的中間有許多小孔隙，光綫从小孔隙間穿过的时候，就发生了衍射，形成了华。但不是所有的云都可能发生华，这是由云中小水滴和小冰晶的大小和云的厚薄决定的。所以高积云造成华的机会較多，而卷层云和层积云就比較少。

华的大小是不固定的，主要决定于云間的孔隙，也就是說由小水滴和小冰晶的大小和云的厚薄来决定的。小水滴和小冰晶愈小，华的圈就愈大，反过來說，小水滴和小冰晶愈大，华的圈就愈小。假若某一次天空上出現了华，过了半小时或一、二小时以后，华的圈渐渐变小，这是表示云中的小水滴和小冰晶渐渐变大了，天气便要变坏，甚至于有下雨的可能。反过來說，华的圈渐渐变大，这表示云中的小水滴和小冰晶渐渐变小，天气将要变好。所以仔細观察月华和日华的变化，可以預測天气的轉变。

5. 奇异的夜景 天空的景色，我們在地球上，每天都能欣賞。但是，你知道吗？天空还有一种奇異的夜景，住在低緯度的人是看不到的，只有住在地球两极附近的人們才能經常看到，这就是“极光”。在北方的极光叫北极光；在南方的极光叫南极光。

在北方大部分地方，极光是一种常見的現象。那里，人們一年可以看到几十次，因此对它已經是司空見慣而不认为是稀奇的事情了。但是，对一些很少看到极光的人，它就会給人留下不可磨灭的印象。

极光的奇輝瑰丽，不是笔墨可以描述的，好象千变万化的飞天妙舞，又好象飄飄欲仙的天鵝飞翔。

住在北方的人很清楚，每当北方大地逐漸黑暗时，水平綫上就开始露出一種淡黃綠色的光輝。接着有光帶冉冉上升，逐漸

形成一条广阔的由东到西的光弧，慢慢向南移动，分成许多细带，黑暗的天空就被照耀得雪亮。忽然，这些光又自行分裂，忽卷忽展，中间还穿梭了许多辐射线。这种极光呈现黄绿色，有时也染成紫红色和黄色，并且交织着辐射，看上去好象一个巨大的万花筒。

北方只要是晴天，极光每晚都可以看到，并且一般通宵都可以看到。虽然极光在亮度上比月光微弱，但是在极光下还是可以看书。如果用照相机对它拍照，几秒钟就可以把它摄下。在白天里，当然也有极光，但由于日光太强，人的眼睛不能看到。

极光有活跃善变的美丽色彩。当极光微弱时，一般是白色，而在明亮时就呈现黄绿色。也有带红色、蓝色、灰色和紫色的。也有在紫色的天幕下染有美丽的红色。它的形状变化无穷，但最常见的是波浪形的光带（图30），下边离地却在同一高度。虽然下边几乎水平，但从远处向北看时，由于透视的关系，整个光带就呈现弧形。下边的高度一般离地大约100公里，有时也高到160公里，但很少低于100公里。光带的上部边缘不大确定，可广到650—800公里，虽然上下边的距离有时只有30—50公里。由于极光的位置很高，所以人们在很远的地方



图30 北 极 光

(约1000公里)也可以看到。

古时候，有人把极光认为是天神在发威，是大祸临头的预兆。近二百年来，科学逐渐发达，人们对于极光在地球上空的分布区域，用测量方法作了系统的研究。根据观察结果，地球

上只有在一定的区域内才可看到北极光。在这些区域的上空，北极光出现的次数最多。这些区域形成一个卵形带。它的中心不是地球北极，而是另一个所谓磁极。这磁极离开北极约 10 度，位于格林兰的西北岸，而带离中心约 23 度。在南半球的南极光，也有以另一端磁极为中心的分布带。北半球的极光分布带偏近北美洲。它从非班克斯和巴罗角之间起通过阿拉斯加，然后经过北加拿大和格林兰的南角，再来到挪威的北边，最后又绕过苏联和西伯利亚的北岸(图 31)。在磁纬 60 度和 45 度的地方又形成一个带，

在这带里也常可以看到极光，不过次数比较少。这个地带的南边界通过旧金山、俄克拉荷马、明非斯、亚特兰大、亚速尔、北意大利、苏联的南部以及堪察加半岛的南部。在磁纬 45 度以下，北极光只有在大

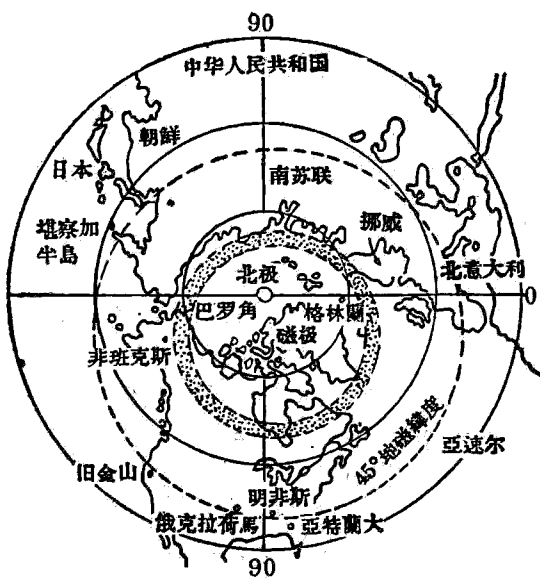


图31 北极光的分布区域

磁暴时期才出现，在那时候，由于太阳黑子发生激烈的暴动，就同时引起地球磁场的大扰乱。因为磁极的位置偏在东半球的地方，所以在磁纬 30 度和 50 度之间，在北美洲看到北极光的机会

比在欧洲为多。例如，在紐約附近每年平均可以看到 10 次。

在一年中，北极光发现最多的时期是在 3 月和 9 月中。因为这个时期是大气不稳定的气节，也有认为由于太阳黑子在太阳上的北分布带和南分布带对我们的倾角关系。虽然这种说法还是一个争论的问题。但毫无疑问，太阳黑子的活动周期与极光的次数是有相当联系的。

发生极光的真正原因是什么呢？是什么力量使空中出现这种现象呢？

第一个研究极光性质的人是俄国的伟大科学家罗蒙诺索夫，他在 1753 年写道：“很可能，极光的发生是由于电在稀薄空气里所引起的”。罗蒙诺索夫为了要证实自己的这个假定，他曾做了一个特别的实验，他把玻璃球里的空气抽去，然后用电流通过这个球，他发现在球里面出现了灰白色的微弱的光。这个实验证实了他的这一科学假定。

后来，另外一些科学家也研究了电流通过稀薄气体时所发生的现象。他们用两端封闭的玻璃管来做实验。为了使电流有可能通过那玻璃管，他们在玻璃管的两端焊上两块金属片来做电极；用电线把它们跟电源连接起来。这时候，封闭在玻璃管里的气体是在大气压力之下，它是不导电的，因此玻璃管里也没有任何光亮出现。但是，只要把玻璃管里的气体抽稀，玻璃管里便有带色的微粒急速地从一极流向另一极。这就形成了电流。这时候，玻璃管里就开始发出闪光。这种光是由于急速流动的电子和封闭在玻璃管里的气体分子冲击的结果。

近代科学已经证实了罗蒙诺索夫关于极光性质的推论。天空中五彩缤纷的壮丽景色，实际上不是别的，是 50—1000 公里高空的稀薄大气被从太阳飞射到我们这里的带电微粒冲击所发生的光。

电流通过稀薄气体发生光的現象，这在中等学校的物理实验里都可以做到，我們把这种現象，叫做稀薄气体中的放电。将长1米或半米，直径3—5厘米的玻璃管，两端各封入鋁質的电极A和B，并用导线和感应圈的两极相连接，玻璃管側有一小管，用橡皮管和抽气机连接，如图32所示。当管內的空气未抽去时，A、B間不发生放电現象。如果把玻璃管內的空气逐渐抽出，当气压降低到 $1/6$ 大气压时，管内便发生劈拍的声音，管壁上出現隱約可見的藍色微光。繼續抽出玻璃管的空气时，藍色微光逐渐变濃而清楚。当管内气压降低到水銀柱4厘米高时，两极間就有紫紅色光綫穿过。气压再降低，光逐渐变粗，当管内气压降低到0.01大气压时，全管都呈現紅色光柱，达到最大的亮度。玻璃管内稀薄气体放电时所呈現光的顏色，随管內的气压而变化，并因气体的种类而有不同。

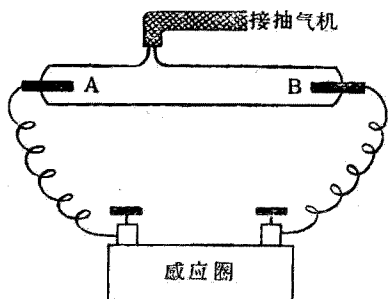


图32 稀薄气体的放电

大家都知道，太阳是一个体积龐大的由熾热气体組成的球。它好象一个巨大的火炉，不断地向空間发射出大量的热能。同时，太阳的内部还产生着强大的电子流，从太阳的黑子区放射出的电子流特别强大。这种电子流到达地球的大气层的时候，便激起了壮丽的自然現象——极光。这些带电微粒和組成空气的气体的原子撞击以后，便把它們变到了所謂受激态，于是原子就发出光来。

科学家在观察极光的时候，注意到了一个非常有趣的事情，在太阳黑子数目最多的那几年里，极光常常出現得最多也最强。

太阳黑子的数目减少了,极光出现的次数也就减少了。

但是为什么我们只能在地球的两极观察到这种现象呢?

为了明了这一点,应当先谈谈另一种自然现象——磁性。你们可以想起,罗盘或指南针总是一端指向南方,另一端指向北方。这是什么力量在起作用呢?

大家知道,磁铁所以能够吸引铁的物质,这是由于磁铁的周围存在着磁场,换句话说,在磁铁的周围空间,有磁力作用着。这些磁力的方向,可以用一个很简单的实验看出来。把磁铁放在桌子上,在它的上面放一张纸或一块玻璃。然后在纸上或玻璃上撒一些铁屑,并轻轻地抖动纸片。你们就可以清楚地看出,铁屑是沿着磁场的磁力线排列着的。

其实,我们还可以用铁屑做实验,也可以不很费事地发现这个磁场。如果我们把一根粗电线通过铺有铁屑的厚纸板,象图33的样子,再把电线通上电流,这时候铁屑会在纸片上环绕着电线排列起来。

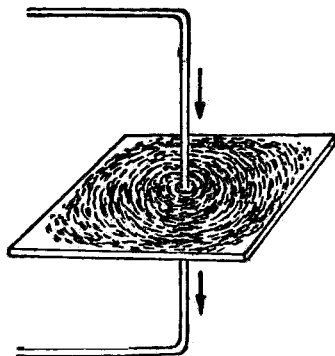


图33 电流通过导线后所产生的磁场

实验说明,有电流通过的线圈,就象磁铁一样,它的一端吸引南极,另一端吸引北极。

所有这些关于电磁现象的知识,可以帮助我们了解为什么只有在地球的两极——南极和北极的稀薄的大气层里才出现极光。

我们知道,太阳所喷射出来的微粒带有正负电荷,当它们射入地球磁场时,带电微粒运动的方向如果和地球的磁力线垂直,那么就会依正负电荷的不同而向东或向西偏移。在赤道的地磁

場与太阳喷射带电微粒的方向垂直，所以射向地球赤道上空的带电微粒，在离地较远处的区域就发生了偏移，因此不能达到赤道的上空，如图 34 所示。如果带电微粒的运动方向与地球的磁

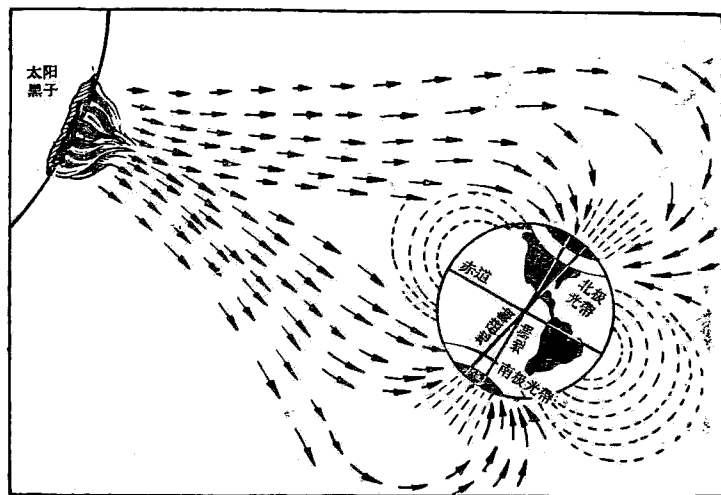


图34 太阳飞射出来的电子流，向地球的两极偏散

力线平行或接近于平行，那么这些微粒就会沿着磁力线前进，或者是螺旋式地前进。这样磁场就使带电微粒流沿着磁力线前进，而到地磁两极的上空，所以极光通常发生在地球两极附近。

三 佛光和蜃景

1. 奇异的峨嵋宝光 峨嵋山是我国一座秀丽而又雄偉的山，海拔三千多公尺。在它的高峯金頂舍身崖，常会出现佛教徒所說的“佛光”或叫“宝光”(有些佛象的头上，常常画着一个光圈，佛教徒叫它佛光或宝光)，自古以来吸引着游山的人們。

晴天中午时分，从舍身崖上远眺，地面飄起朵朵白云，象巨大的棉花团，愈变愈大，而且向上浮动，舍身崖下广闊的空中，象海浪一样布满了云层，这叫“海底云”。云层上面往往是晴空万里。如果在下午二、三点鐘，太阳从上面向下射到舍身崖下的云层中，也許你会幸运地在舍身崖上看到下面的云层中出现宝光，就是一个巨大的彩色光环，外圈是紅色，向內是按橙、黄、綠、藍、靛、紫的次序排列成的几圈彩环。一般看到的光环层次是比較模糊的，有时也会出现几道光环，愈向外彩色愈淡，甚至可以有五个之多，不过这是很少有人看見的。

这种宝光在我国峨嵋山出现的次数最多，因此也叫做“峨嵋光”。

到四川去看峨嵋光，不是每个人都能碰到的，不过我們可以自己来制造峨嵋光欣赏一下。在深色厚紙上用針打一个小孔，或在玻璃上呵口气，上面就会凝結有許多微小的水滴。从小孔隔着玻璃看太阳或灯光，都能看到象上面所講的相仿的彩色光环。

我們知道，光是由各种不同波长的光綫組成的。当光綫射向小孔，不同波长的光波射到小孔四周的边緣时，就会发生繞过

障碍物离开原来直綫傳播方向的現象。不同波长的光波，曲折的程度也不相同，波长长的大，波长短的小。紅色光波最长，紫色光波最短，因此从小孔看太阳或灯光，周圍的彩色光环是外紅內紫。这种現象就是前面所說过的光的衍射。当光綫通过玻璃上水滴間許多微小的孔隙时，就会形成許多彩色光环。由于光的干涉作用，也会形成一个或五个彩色光环。这就是峨嵋光形成的原因①。

事实上，峨嵋光形成的原因不是这样简单，观察时我們不是面对着太阳的。峨嵋山所以有峨嵋光出現，这是由于它的特殊地理环境所造成。在那里，空气非常潮湿，半山常有极濃密的云雾弥漫着，当强烈的太阳光射在这些濃密的云雾上时，水滴常常会发生凸透鏡的作用，在后面的云雾上造成太阳的实象，从这里好象第二个光源似的发出光来。这个光經過无数水滴間的小孔隙时，和經過带有許多小水滴的玻璃片一样，发生衍射作用，分散成彩色的光环，因此我們就看到五彩鮮艳的峨嵋光了。

可是在彩色光环中又怎样会出现人象呢？

看峨嵋光是背对着太阳而立着的，太阳光从背后射来，如果人的影子投在云雾上，这就是我們看到的人象。三个人观察，就出現三个人象(图 35)；观察者举手揮动，人象也举手揮动，并且可以看到环繞在自己头頂上的彩色光环。

峨嵋光不一定在我国四川的峨嵋山才能出現，在任何山上只要符合出現宝光的条件，也同样可以产生。例如德国哈茲山脉的最高一座山，叫做布劳甘山，也經常出現这种宝光。在很早的时候，这里住着一些部落居民，他們看到这种奇怪的現象很是恐惧，认为是山中的幽灵显影，因此他們常把这种光象称做“布劳甘幽灵”。瑞士的北魯根山上，也經常出現这种現象，那里的

①. 峨嵋光的說法不一，这里介紹的只是其中的一种。

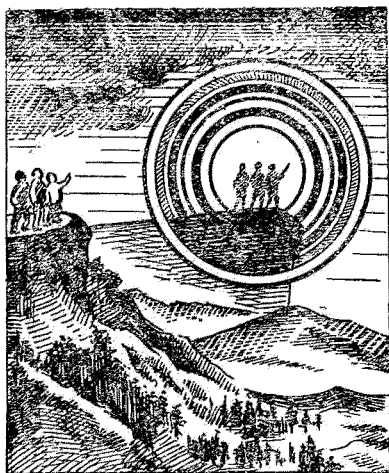


图35 多道光环的峨嵋光

36)。

2. 空中楼阁 阳

光透过关闭的百叶窗射进了黑暗的房间，你不管怎么去看它，它总是象箭一样直射的。有时候，当阳光被云遮住的时候，也可以看到那直射的阳光。但光线在它

穿进别种媒质的时候，比如从空气穿进水里，会改变它的行进方向。正因为这个缘故，放在杯里的茶匙看去就象是在放入水里的那一点上被折断了似的（图 37）。当光线在空气里行进的时候，一般总认为它是依直线方向行进的。

可是光线在空气里真的总是这样依直线方向行进的嗎？不

人们叫它做“北鲁根山妖”。

其实，峨嵋宝光不一定在山中才能看到，只要符合于出现峨嵋宝光的条件，在其他情况下，也可以看到峨嵋宝光的。只要在清晨，那时候草上的露水还没有蒸发，你背着太阳站着，看那草地上的自己的身影，就可以看到这种光环。有时飞行员在云里飞行时，也会看到峨嵋宝光，这时彩色光环的中央，有着飞机的灰色影子（图

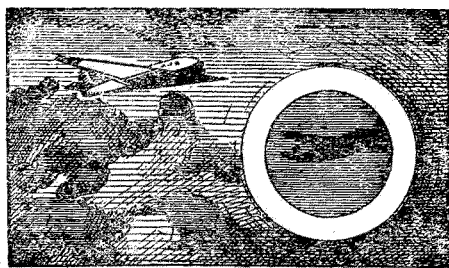


图36 云层里的飞机阴影

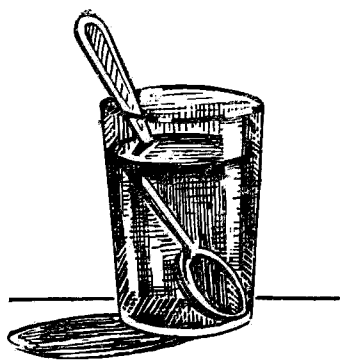


图37 光线从一种媒质进入另一种媒质的时候所引起的折射现象

是的。严格地说，光线在空气里完全不是依直线方向行进的。光线穿过厚的大气层，几乎总是有些弯曲的。

你只要回想一下夏季时酷热的白天里的情形。地面上的物体都好像在抖动，在振荡。显然，实际上在抖动的并不是物体的本身，而是它的象。这说明什么意思呢？这就是光线被这些物体反射到我们眼睛里的时候，不断地改变着自己的方向。换句话说，

光线行进的方向不是完全笔直的。

这样一说就明白了。要知道环绕在地球周围的空气，并不是完全均匀的，它是由各种不同密度的空气层组成的。离地面比较高的空气，总比地面上的空气稀薄。接近晒热了的沙地的空气密度总比森林里的空气密度小。光穿过各种大气层，实际上就是穿过了各种不同的媒质。在这种情况下，每逢光线从一种密度的空气层射进另一种密度的空气层，虽然密度相差很小，但是光线仍然会折射，会改变自己笔直的方向，就好像光在空气层和水面发生折射的情况一样。

光线在空气里的那种多次折射，常常是不很显著的，它只能稍稍使物体的象变得不清楚一些，不能把它们显著地弯曲。但是有时我们看到远方的物体，并不在它原来的位置上；或者看到的物体已经变成一个怪诞不经而又残缺不全的象，使你无法辨认出来。这种现象发生的原因，也是由于大气里阳光的弯曲和折射，只是这里弯曲得比较厉害，比较显著罢了。这种现象叫

做“海市蜃楼”。

海市蜃楼也叫蜃景，它主要出现在平坦的沙漠地带，尤其是近沙漠的湖泊或河流地带经常发生。出现在海上的种种幻景，叫做“海蜃楼”。

当我们谈到海市蜃楼的时候，常常会想到在炎热的沙漠地带沿着丘陵起伏的沙地慢步前进的骆驼队。在那里，中午热得可怕，沙石酷热得象在火炉里烤过似的，只有骆驼的脚才能忍受得住这火热的沙地。一点风丝也没有，浅蓝色的天空被半透明的淡红色的烟雾遮掩着，地平线几乎和天空连合在一起，太阳也浸在这种烟雾里。突然，在前面刚能看到的地平线上，出现了亮晶晶的一个大湖。风使水面起着波纹，岸旁摇动着芦苇。旅客喜出望外，催促骆驼加速前进，到他渴望着可以休息的地方去。过了几分钟，那块骗人的湖突然地消失了。

这种现象，不仅在沙漠地带可以看到，就是其他地方亦能看到。

在海洋中，有时会出现岛屿的奇景。据说瑞典有位航海家，曾经在波罗的海里亚兰群岛和瑞典海岸之间，费了很长的时间，搜索奇幻的岛屿，其实只是一个幻影。

在遥远的地方，看到一种物象，而实际上那里并没有这种物体，这就是虚象，是一种光线不规则的屈折的现象。当沙漠中酷热的气候到达 $60-70^{\circ}\text{C}$ 时，紧贴灼热的沙粒那一层空气被烤得最热，因此特别稀薄。它上面一层空气没有被烤得那么热，因此密度比较大。当地面的空气层被灼热，而上面一层空气还是阴凉的时候，两层空气的密度便有着显著的差别。于是便发生上面这种现象。

例如远处比较湿润的沙漠中有棕榈树 AB ，它向观察者直射的光线，因通过密度没有什么变化的空气层，差不多是依直线

进行的，如图 38 中的 AO、BO。但向下方进行的光线，通过密度变化很大的空气层，光线折射程度的变化也很大，每条光线都是通过密度比较大的空气层再到密度比较小的空气层，光线就要向密度较大的空气层那一面偏折，因为空气层的密度是逐渐变化的，所以通过这种空气层的光线也是逐渐向上方弯曲。这样的偏折能使光线从最低的、最热的和最稀薄的空气层反射回来，好象镜子的反射一样，射到观察者的眼睛里，如图 38 中的 AEO 和 BFO。

由于我们的眼睛只感觉到光是直线射来的，而不能发觉光是弯曲进行的，所以观察者所看到的光线 AEO 和 BFO，就好象由地面

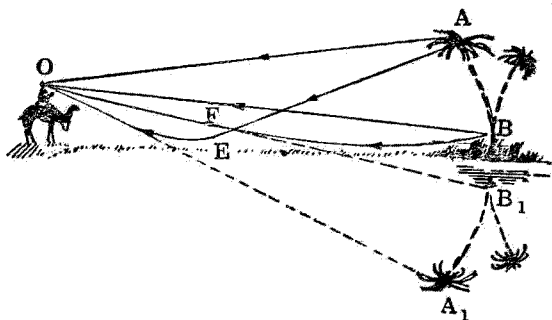


图38 沙漠中的蜃景

下的 A_1B_1 的位置射来。因此，在 O 点的观察者，除看见原物 AB 外，同时还看见倒立于地平线下的幻象 A_1B_1 ，这种情形和水面所生的倒象相同。旅行沙漠的人常误以为那边有湖泊，所以这种现象也叫做“幻水”。

沙漠里的海市蜃楼，只有旅行沙漠的人才有机会看到，不到沙漠的人是沒有机会看到的。但是我们可以用实验的方法来观察。用一张长 1.5 米、闊 20 厘米的平滑洋铁片，上面撒薄薄的一层沙，做成沙漠模型的表面。用厚纸剪成一片有树的小山，放在洋铁片的一端，使小山的一部分和树木露在洋铁片的上面，再在厚纸片的后面豎立一块毛玻璃或乳白玻璃板，玻璃板的后面，

装一只电灯，如图 39 所示。当电灯光照射到毛玻璃板上时，在

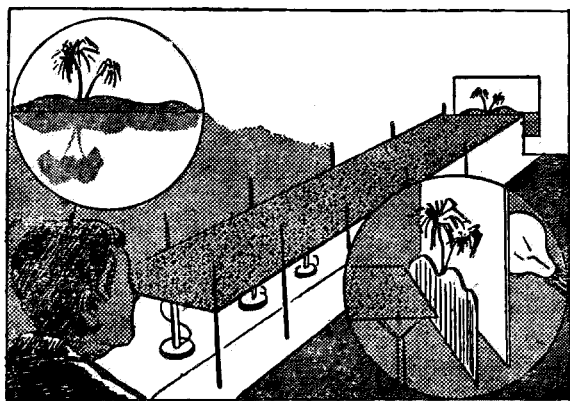


图39 海市蜃楼的实验

洋铁片的另一端看去，好象树木和小山后面衬托着的天空一样。

当在洋铁片的下面用火均匀地加热时，上面和沙面接触的空气因受热而膨胀，密度变小，

这时我们在洋铁片的另一端沿着沙面向有小山和树木的厚纸片一端看去，就会发现沙面下方出现了小山和树木的倒象，好象小山和树木旁边的湖水所成的倒象一样。这样就可以看到沙漠里的海市蜃楼了。

不但在沙漠上，就是在夏天的柏油马路上，也会出现海市蜃楼。马路上面所铺的砂泥或柏油的比热较小，尤其柏油路面的颜色比较深，在夏天，受到强烈的太阳光照射时，变得很热，温度常常可以达到 $50-60^{\circ}\text{C}$ 。接近地面的空气层，受到路面高温的影响，温度也变得很高，空气受热膨胀，密度就变小了。但距离地面 1 米以上的空气，由于受到路面温度的影响比较小，温度较低，密度也比接近地面的空气层大。因此光线通过空气的折射程度，在近地面处比较小，离地面高处比较大。这和沙漠上的情形一样，就可以看到马路上的海市蜃楼现象了。

发生海市蜃楼的最基本条件是在没有风的时候，因为风能

使密度不同的空气层流动混合，逐渐趋于均匀，这样就不可能出现海市蜃楼。

海市蜃楼的出现，往往和气候的变化有关。一般出现下现蜃景是天气好转的预兆，冬季的下现蜃景，往往和晴朗的严寒天气同时出现，上现蜃楼的出现，往往是下雨和天气转冷的预兆。

四 蔚藍色的海洋

人們总喜欢用蔚藍色来形容海洋，好象“海”总是“蔚藍”的，其实这并不确实。

我們只要翻一下地图，就会知道，所有的海洋、海灣和海峽，都抹上了一层天藍色。但是再仔細看一下，这是黄海，这是紅海，这是白海，这是黑海。

这些奇奇怪怪的名字是怎样来的呢？也許这些海里的水根本就不是藍的，而是紅的、黃的、黑的或者是白的呢！

最初，有人認为是由于有什么顏料混在水里面，因而使水变成藍的顏色。于是他們在海洋里面，大湖泊里面寻找这种顏色，有时候甚至認为已經找到了，但是最后，这些探索都毫无結果。

又有一些人猜測，也許是因为海面反射了天空的蔚藍色，所以海水才发藍的吧！这种猜測很快也不攻自破了，因为在云彩严密地遮蔽天空的时候，海水也并没有失掉它的色彩。而且，說来也奇怪，在有云的天空下，只要不是濃黑的雨云，海水还显得更藍些。

另外有人認为，海水的顏色决定于海水的透明度。但是古怪得很，海水愈是透明，就愈是发藍，这又是为了什么呢？

要揭露这个秘密，也只有从太阳光里去找。很早以前就有人知道，太阳向地面上放射着各种顏色的光綫——紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫，这些光綫交合在一起，引起了通常的白光的感覺。

在海中，好象在不同的深度安装着不同顏色的玻璃，而这些

玻璃好象过滤器一样一次又一次地过滤着光线。水实际上象一个“过滤器”，因深度的不同，滤过不同颜色的光线。而且愈深入，这个“过滤器”愈“密”，愈难以透过。

水首先阻留住的是红色光线。因此在一定的深度，一切红的物体看起来都是黄色或灰色的。物体的颜色不是它所反射的光线的颜色吗？既然它所反射的光线中没有红的光线，那么也就没有红的颜色了。因此，观察不太深的水中的鱼，常常带有红色的感觉。但是只有把它拿到太阳光下的时候，我们才能看到这种颜色。在水底它们是灰色的，和岩石、淤泥混在一起，一点也看不清楚。

再往下去，就是橙色和黄色。起先是碧绿色的颜色，后来随着深度的增长，愈来愈蓝。然后绿的光线消失了，而在深水海生动物周围呈现了一片半明半暗的深蓝色。

化了几乎近一百年的时间，解决了海水所以是蔚蓝色的原因。

我们知道了海的一切颜色都和太阳有关系，那么阳光是怎样造成了海洋的蔚蓝色的呢？

现在让我们来追踪一下单独一缕阳光的路程吧！

我们可以把光线设想为一个接着一个向前飞奔的波浪，但这些波浪并不是一样长的。红色光是大的平静的波浪，它们排着整齐的行列往前奔流，而且自由地绕过一些较小的障碍，例如近岸的礁石，矗立在水中的灯塔，船身，而继续前进；橙色光和黄色光的波长比较短，它们就不象红色光那样容易越过所遇到的障碍。绿色光和靛色光就常迷失了自己的道路。最后是蓝色光，虽然它的波长更短，但是有着不可征服的顽强性，它在路上受到障碍撞击之后，便化为微小的波浪，向四面八方散射出去，象投在平静的水面上的石块所激起的水纹一样。

光綫就是这样地通过了水面，但是水本身并不是很紧密的物质，它是一些小到用显微镜也分辨不出来的最小的微粒——分子组成的，光綫不管走到哪里，都要碰到水的分子。

不同的光波，在和水的分子相遇的时候，行动也不同。紅色波长最长，但也是最平静，它能毫不费力地绕过路上的阻碍而继续前进，但是因为它的能量不大，所以遇到一次阻碍之后，便变弱了一次。因此在海洋的上层，就很快地完全消失了。

藍色光波能量大，它在遇到第一次撞击的时候，就变为环形向四面扩展。一部分折回来，一部分继续前进，在以后的路途 中，这已经变弱的光綫，在和水的分子碰击的时候，仍会向四面 散射，而且愈是深入，就愈有更多的藍光折回到水面上来。

海洋就这样地把阳光滤掉了其他的颜色，只留下了藍色还 給我們。

但是黄海、紅海、白海和黑海的颜色为什么是紅的、黄的、白 的和黑的，这又是怎么回事呢？

祖国黄海的水确实有着一种黄油的色彩。因为黄海由黄河、 海河和辽河等大河流，每年挟带大量的泥沙堆积和飘浮在浅海 里，因此造成渾浊的黄色海洋。

但是也只有靠近海岸的地方才是这样，在离开陆地較远的 地方，它仍然是很清洁的，并且有深藍的颜色。“黄海”这个名字 就是被这些带有黄沙的河流染黄而得名的。

紅海是世界上最热的一个海。在它的一边是阿拉伯大沙漠； 另一边的岸上有从努比亚和撒哈拉大沙漠吹来的非洲的干燥的 风。但是在它的深处仍然活跃着生命，綠色和褐色的藻类在那 里生长，魚类在回游，珊瑚在經營着自己巩固的建筑。由于聚生 在风吹不到的海洋里面的紅色的細小海藻，給海水添上了一层 紅色的色澤，于是紅海的名字也就这样地得来了。

白海的来由，是因为那里接连几个月的白雪掩盖着它的海岸；冬天，有厚厚的冰冻结着它的港湾；同时，那里还有长期的“白昼”，白海就这样得名了。

黑海的水是深蓝色的。所以把它叫做黑海，是因为它对航海者说来一向不表示欢迎，在那里，冬天颳着暴风雪，船桅和船具上都粘满了冰块；夏天常颳着冽风。黑海的颜色所以是黑色的，是因为海水深度大，同时在那里多阴云暴风；此外，在黑海面下 100 多公尺深处，是生物带和无生物带的分界，下面含有很多的硫化氢，大量深色的淤泥沉积在海底上，对于太阳直接辐射具有特殊的反映。

实际上，只有透明的水才能变成蓝色，只要里面加进了一点混杂的物质，颜色就要变了。

在浅水里，在海湾里，在那些被泥沙把清水弄浑浊了的地方，泥沙的颗粒比分子大得多。它们不只分散短的蓝色光波，也分散较长的绿色光波。因此，在这些地方，海中出现了绿的颜色。海员们都清楚地知道这一点，他们能用自己敏锐的眼睛，根据水的颜色的变異，判断出浅滩或者礁石的所在。

不只固体颗粒能分散绿色光线，在风暴或者骤雨后的海面上，在被浪花冲击着的岸边的水面上出现的气泡，也同样能给水带来绿色。

但是生物最会影响水的颜色，因为在海水里面生存着几千万种肉眼看不见的微小生物，这就是浮游生物。微小的浮游生物，具有一种分散绿色光线和减低海水透明度的能力。因此，海水的绿色便是生物生存的最好的说明。水愈绿，里面浮游生物愈多；最蓝的色彩说明，这里的海水是透明的，浮游生物含量不多。因此象那最蓝的最透明的亚速海等，是世界上最富饶的鱼场之一。

五 美丽的昆虫和鳥兽

1. 昆虫的顏色 自然界里的昆虫，大多具备着艳丽的顏色。由于各种不同的顏色，配合成各种类型的花样，往往被人类所爱好和欣赏。

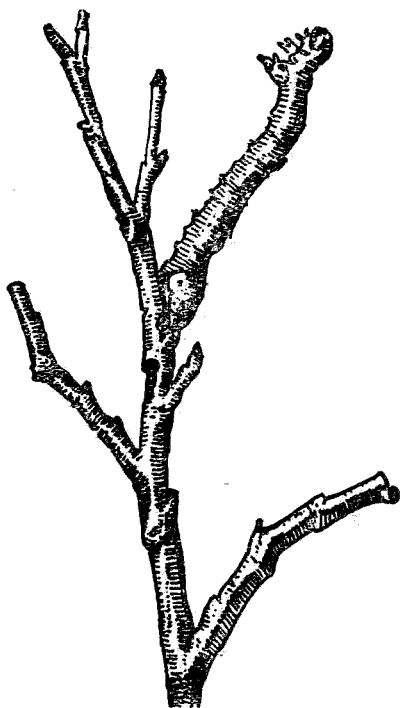


图40 尺蠖在树枝上停留时形状象枯枝

顏色的明与暗，美与丑，对于昆虫本身来讲，是非常重要的。有些昆虫具有保护色。它們的体色和生活环境毫无二致，在消极方面不易被敌人发觉，减少伤害；在积极方面还可靠着这样的顏色作隐蔽，去进攻敌人，或捕捉他种动物，作为自己的食料。和周圍环境一致的昆虫很多，在青草或树叶上的昆虫，体色多半是綠色的，象紡織娘、螳螂、粉蝶的幼虫等等。它們和环境一致的綠色体色，使食虫动物不容易发现。蟋蟀、油葫芦等躲在石头底下的这些泥土上的昆虫，体色多半

是棕褐色的。尺蠖蛾的幼虫尺蠖，形状象枯枝(图40)。有许多蛾子，后翅有鲜明的色彩，但前翅暗淡得象树皮；飞行时可以看到闪跃的后翅，停止时前翅朝两侧下垂复盖着后翅，翅的上表面与它停憩的树皮便难以区分了。如枯叶蝶，不但有很好的保护色，还有很好的保护形式，它翅膀的上面很美丽。当它棲息在树枝上的时候，两翅叠合而竖立，因为下面是黄褐色的，两翅折叠起来，宛如一片枯萎的树叶。翅色不仅是黄褐色，而且具有叶脉状的条纹(图41)和许多如受病菌伤害的斑点。又如蚱蜢停在草地上，它的颜色和青草的颜色一个样。小朋友若不是有意要捉它，就不容易发觉它。鸟要吃蚱蜢，但由于蚱蜢和青草一样的颜色，鸟就不容易找到它。又如竹节虫的身体，细长分节，青色，形似幼小的竹枝(图42)。蛾类幼虫大多具有一种鲜明刺目的警戒



图41 枯叶蝶在树枝上停留时
形状象树叶

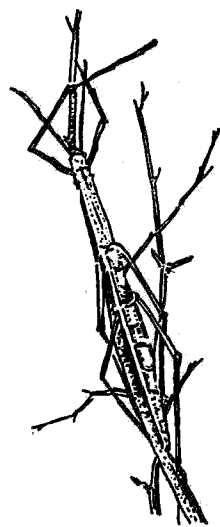


图42 竹节虫在竹枝上停留时
形状象竹枝

色，使它的仇敌望而生畏，不敢侵犯。幼虫抵抗外侮的能力薄弱，但能藉助于颜色而获得安全。

那么这些美丽的颜色是怎样形成的呢？

依据颜色的性质作为区别的标准，可将昆虫的颜色归纳为结构的(或物理的)颜色、色素的(或化学的)颜色和混合的(或理化的)颜色三类。

结构的颜色，是由于昆虫身体表面的角质质的反光作用，近似肥皂泡沫发生的彩光一样。它既不随色素的有无而增减，更不因漂白而消色。我们可以拿蝶类的虹色彩光和硬壳虫的金属光泽来说明。蝶类身体密复着千万重叠的鳞片，鳞片上又刻着无数纵横的花纹，彩光是由光线经过重叠的鳞片和花纹发生衍射、折射和干涉现象产生的。硬壳虫的身体上具有许多条纹，所以也发生光的衍射、折射和干涉现象，产生了金属的光泽。

色素的颜色，是造成另一类昆虫的颜色的原因。就是由于昆虫的角质层或表皮层内有色素存在。由于色素的化学成分和构造不同，产生多种多样的颜色。无疑的，色素是昆虫体内代谢作用的产物。重要的色素有黑色素、黄色素、粉色素、青色素和花青色素等。

混合的颜色，象热带最美丽的蝶类，身体上兼备有鳞片和色素，因此显示出结构和色素的双重颜色。

形成昆虫的颜色，除了上面几种原因外，往往还受外界或内在的因素影响而发生改变。不仅是在同一品种的昆虫里有很大的差异，就是同一昆虫在不同的季节里，也会有完全两样的颜色。所以研究这个问题，颇有趣味。

改变昆虫各种颜色的原因，大致有这些：

(1) 食物的影响。蚜虫和一些鳞翅目昆虫的幼虫，大半以植物的叶作为食料。它们身体上的绿色素来自植物的叶绿素；黄

色素,来自叶黄素。有人在飼养鳞翅目昆虫的幼虫时,发现幼虫的食料可以决定成虫的颜色。倘使二组幼虫生活在同一情况下,而飼以不同的食料,能得到颜色完全不同的成虫。有人进一步研究幼虫的食料与成虫颜色的关系,把尺蠖蛾的幼虫分为两组,一组以樺树叶作为食料,一组以榆树叶作为食料;飼樺树叶的幼虫,后来变成颜色鲜艳的成虫;飼榆树叶的幼虫,后来变成颜色暗淡的成虫。同一种昆虫,虽食同一植物,但因摄食的部分不同,颜色也受影响而发生变异。如蛱蝶,本来是以蕁麻叶为食料的,假若不让它幼虫吃叶,而叫它吃花,就会产生变种。食料不同不仅能影响成虫的颜色,同时也能影响幼虫身体的颜色。因此,就有人用一种鳞翅目昆虫作实验。这种幼虫自卵孵化后,一直以白色的叶子为飼养料,这样幼虫永远是白色的,成长以后,只增加少許的黑色斑点。倘若飼以黄色菜心,那就变为绿色的或褐色的了。

色素虽然可因飼料的不同而发生变更,但是身体的颜色花纹,并不会受影响而改变。

(2) 光的影响。日光是色素形成的重要条件。所以光度的强弱能变更昆虫的颜色,这可以从一种跳虫作实验来证明。跳虫初生时全体白色,倘使它不断受到日光照射,就可以渐渐变成蓝色。有人进一步用白粉蝶作实验。白粉蝶的蛹,在黑色与红色的背景下,会变成淡灰色,而且生成许多黑色斑点(图43)。若换以青色与橙色的背景,则蛹变为青色,身上的黑色斑点因此大减(图44)。紫外綫的作用,会增长黑色素的形成;紅外綫的作用,恰正相反,阻



图43 白粉蝶的蛹在黑色和紅色背景下生长情形



图44 白粉蝶的蛹在青色和橙色背景下生长情形

碍了黑色素的形成。

(3) 温度的影响。色素的形成大多是在蛹期。蝶类、蜻蜓类的翅上的色素的多寡，决定于生活环境中温度的高低。若将草蜻蜓放在冷处，体上的黑色素就会增加。一般说来，高温可使颜色鲜明，低温却可使颜色暗淡。但是，温度的高低仅能变更色素的数量和分布，并不能帮助新色素的增长。

(4) 湿度的影响。因为干湿二季雨量的差异，中国南方有一种蚊蝶会产生春秋两种类型。蝗蛹本为黑色，若想叫它变为青色，并不困难，只要给它饲以湿润的食物，养在高度潮湿的环境中，就成功了。

(5) 激素的影响。以上列举的都是外来的因素，虽然它对昆虫的颜色能发生很大的作用，但也只能说是间接的作用。昆虫颜色的改变，更直接的是受内在的因素，也就是说，它是由激素来控制的。昆虫的头部有一对名叫心体的内分泌腺体，能分泌出一种颜色激素，由血液运输到角膜层或表皮层，直接管理色素。雌雄两性昆虫的颜色，也常有区别，足见性激素对于色素有增加和减少的作用。

2. 鸟兽的颜色 动物的颜色，是由皮肤的色素和物理结构造成的。绝大多数色素是由动物自身造成的，但是类胡萝卜素是从植物性食物中得来的；而结构色是由散射和光的干涉造成的。

动物的保护色是很有趣的。它是一种与周围环境颜色一致的保护适应。保护色能使动物充分隐蔽自己，并易于袭击敌人，如老虎、金钱豹和白熊等，都是明显的例子。有些水中动物是透明的，在海底生活的动物具有海底的颜色，如虹鱼和鳐鱼。温带国家和北方的动物的有季节性的毛色，如雷鸟、白色兔、灰色兔等。

动物的顏色愈近于环境的顏色，則愈可能被保存下来而不致被吃掉或消灭掉，并更容易获取食物。

显眼的保护色还有它另外的用处，它可以使动物認識它的同类，以便求偶或結队，例如杜鵑就是这种例子。有一些鳥兽，例如孔雀，只有雄的才是显眼的，而它就向雌的炫耀。

动物的保护色完全是一种自然选择的結果，它是色素形成的。

色素这种物质，由于它们的化学性质，吸收某些波长的光，而反射其他波长的光，这样它们就有了保护色。紅色的知更鳥，黄色的金絲雀，都是这种色素形成的。但是，也有若干华美的顏色，并不是由于色素，而是由于动物体表面结构的物理性质造成的，这些顏色就叫做结构色。

当一束光线通过含有許多微小粒子的物体（雾等）时，一部分光就向侧面散射开去。波长短的光被散射多，波长长的光被散射少。所以当白色光线通过这种物体的时候，散射光常常呈现淡藍色，而穿过去的光常常呈现浅紅色。散射的现象和微粒的粗细也有关系。在散射微粒直径比光波波长小的情况下，白光散射后所呈现的浅藍色更濃些；而在散射微粒直径比光波波长大的情况下，要淡些。细小水滴組成的雾呈现藍色，而由比較大的水滴組成的雾呈现白色。

羽毛的藍色，都是由于微粒散射造成的；羽毛的綠色，部分也是由于同样的成因。黄色素的外层吸收白光中的藍色部分，但允許綠色、黄色和紅色部分进入羽毛。在半透明的羽毛中，有細微的空气孔隙；这些空气孔隙散射綠光比散射波长較长的黄光和紅光分量要大些；黄光和紅光被黑色的內在的色素所吸收。

在雄鸡的虹霓般的羽毛上，可以看到另一种结构色，和前面說到的藍色和綠色不同，这些顏色随着观察角度的不同而转变

色彩。它的成因，同在肥皂泡和水面的油膜上所看到的顏色的成因是相同的。这就是，当白光从两个重叠的面上反射的时候，其中单色部分发生了相消干涉；某些波长的光波随着入射角和两个面間的距离的改变而消去。孔雀羽毛的华美顏色的成因，也是这样的。

由此可見，鳥兽的結構色是由于光的散射和干涉而产生的。

白色，是由于全部可見光从不透明物上反射出来而造成的。羽毛的白色，也是这个道理。黑色，是由于吸收了全部的光而产生的；鳥兽身体的黑色通常是由于一种叫做黑素的黑色色素造成的。烏鴉、黑貓的顏色就是这样产生的。在藍色和綠色的羽毛里，黑素吸收波长較长的光。

色素是鳥兽自己制造的；但也有一种普通类型的色素，动物自己不能制造，而仅能从植物性食料里取得。这在蛋黄或奶油的顏色中可以明显地看出来，母鸡和乳牛的飼料改变，蛋黄和奶油的顏色也会发生变化。这些色素叫做类胡蘿蔔素。类胡蘿蔔素中最有用的是胡蘿蔔素和叶黄素。类胡蘿蔔素广泛地存在于植物中，各种黄色的花和果实(如蕃茄)就是由于它的存在而賦有这种顏色的。絕大多数鳥类羽毛上的黄色和鳥嘴上的黄色，是由类胡蘿蔔素造成的。包在鳥羽的綠色外面的黄色层，也是这样。

动物的一切类胡蘿蔔素，是由植物性食物中得来的，而不是由动物自己造成的。例如飼养紅頂鶴时，如果在換毛的时候不在飼料中加些小虾，那么新长的羽毛就将不再是粉紅色的了。

六 植物的顏色

1. 植物的綠叶 春天到来,大地花开。黃的迎春花,淺紅的櫻花,粉紅的桃花,紫紅的紫荊……数不尽的万紫千紅。

植物界是非常广大的。各色各样野生植物形成了草地、森林和草原;它們生长在高山上、池沼內、河流旁,就是在沙漠地方和海洋深处,也有着它們的足跡。許許多多的栽培植物,繁殖在我們的耕田、菜园和果園中,成了我們的食物,丰富了祖國的物产。这些植物,生活在各种不同的条件下,有着不同的形状和发生不同的变異。因为一个自然地区的植物和另一个自然地区的植物,这株植物与另一株植物之間,各有它們的特殊生活条件,如气候、溫度、水分、土壤、日照等,所以在形状、性能和各种特徵方面;都有很多的差異。但是在这无穷的变異中,植物却有一个共同的特点,就是叶子大多数是綠色的。

为什么植物的叶子大多是綠色的呢?是不是偶然的裝飾呢?

在显微镜下,我們观察叶子的橫切面时,可以看到叶肉里的柵状細胞和海綿状細胞中,含有很多圓形的能移动的叶綠粒,排列在靠近細胞壁的地方,它随着日光的强弱,沿着細胞壁轉圈子。一株植物的叶綠粒,据估計,只及这株植物干燥后的重量的百分之一,但是数目很多,所以叶子就呈現了綠色。

叶綠粒为什么是綠的呢?我們不能說它生来就如此的。我們前面不是說过,日光經過三稜鏡后,便会把它分成紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫有闊狹的七色光帶,七色光帶中的任何一色为那种物体反射出来时,这个物体就現出了那种色澤;七色光帶全被反

射出来时，就呈白色。假如全部的光被吸收，就成了黑色。叶子所以是綠色，也是因为叶綠粒將綠色光綫反射，其余光綫被吸收的結果。不过有一点要說明的，叶綠粒还将一部分紅色光綫随同反射出来。假使不信，只要隔了藍玻璃看草、花、树木和綠色的屋頂等，照理，綠色光綫是不能透过藍玻璃的，这些东西应当都是黑色的，事实上，除了屋頂等的确是黑色外，花、草、树木都呈現了血紅色。

現在再来証实一下。把綠叶剪成很小的小块，用手指捻一捻，放在有酒精的試管内，微微加热，不久酒精就变成鮮綠色了，小块的叶片反变成无色了。过滤后，再加进一些苯，用力搖一搖，因为苯和酒精是不相混和的，隔了一会，管内液体就分成綠色的上层和黃色的下层。原来叶綠粒中的叶綠素、叶黃素、胡蘿蔔素等物质都能溶解于酒精內的，而叶黃素更易溶解于苯內。然后把分离得来的鮮綠色叶綠素酒精溶液，放在日光可以通过稜鏡的地方，当日光通过这溶液折射出来的光带，映在白墙上，只有一条狭长的紅色光带和綠色光带，其他的地方，都是黑色的吸收带了。

那末为什么叶綠素要吸收各种不同的光綫呢？

那是因为叶綠素吸收了很多的光綫用来做光合作用。

綠叶为什么要反射綠色光綫和一部分紅色光綫呢？这又有些什么意义呢？

綠色植物在进行光合作用时，要先分解二氧化碳然后才可合成有机物。分解二氧化碳是需要大量的能量，但在活的植物中，不可能有这样高的温度，否則一切生命活动过程将会停止。因此，植物一方面要分解二氧化碳，一方面又必須在低温度下进行，那么势必要把能量較弱的光綫和热能大的光綫投射出来，而把能量高的光綫和热能不大的光綫吸收进去。否則植物毫无选

擇地吸收光綫增高了溫度，尤其在夏天中午的時候，日光很可能把葉子燒壞。植物的葉子適應了這一點，把綠色光綫和紅色光綫反射出來。經過了長期的自然選擇，植物保存了這一種對生活有利益的性狀，並且遺傳下來，使葉子變得大多是綠色的了。因此植物的綠色是一種完善的適應。

2. 秋風起黃葉飄 一提到自然美景，總說春花、秋月，好象只有鮮花和明月才值得賞玩。其實晚秋錦繡般的楓葉，濃郁鮮艷，與春花相比，另有一種風味。所以唐朝詩人杜牧曾讚美過楓葉，他在“山行”一詩中說：“停車坐愛楓林晚，霜葉紅於二月花。”

三秋天氣，山麓陌頭，槭樹、烏桕和楓樹都象喝醉了酒的老人，滿臉通紅，坐在那里打瞌睡。

植物葉子到了秋天，就逐漸變黃變紅，展現出一片美麗的秋色。這種顏色的呈現，實際是標幟着葉子週年性生命輪迴的終結。

每一張葉子，從綠色到黃色、紅色、棕色，要經過三個階段：第一是春季階段，這時葉子做自身生長的工作；第二是夏季階段，所歷時間較長，這時葉子是為植物體的其他部分製造養料；第三便是以秋色為特點的階段，此時是把葉子中所有有用的物質運走，儲藏起來，作為來春再生長之用。

葉子顏色的變化，一般開始是綠葉子逐漸轉黃，最後轉變為紅色。不過，有的也可以沒有轉紅的過程。葉子一等到黃色佔優勢時，變成棕色就很快了。這一最後階段，是與葉子的細胞死亡以後全部組織的干枯密切相關的。有許多植物的葉子，並不轉變為紅色，但是各種植物都可以轉變為黃色，尤其溫帶氣候的植物葉子轉變最顯明，這是因為溫帶區域內季節變化最強烈的緣故。在熱帶區域內，各季的气候變化很少，樹葉的生長與凋

落，差不多无时不在进行。同样的，象松杉等常綠树，也是不断地长叶子和落叶子，所不同的只是每一叶子停留在树枝上的时候更长一些而已，它們可以在树枝上停留二年或三年之久。因为只有少数的叶子在某一时期变色，所以就不大显著，不易被人觉察。

青青的树叶，怎么一到秋天就变成鮮黃鮮紅的呢？这是誰都要提出来的疑問。“山海經”上說：“黃帝杀蚩尤于黎山，弃其械，化为楓树。”械就是桎梏，因染有血漬，所以楓叶同血一般鮮紅，这自然不足凭信。“西廂記”上有“曉来誰染楓林醉，都是离人泪。”說是血泪染紅了的，这也全是文学的渲染。

說起紅的叶子，就会想到楓树，好象紅的叶子就只有楓叶。其实此外种种的树和草，有紅叶子的很多。最普通的叶片与楓树相象的槭树，子現白色的烏桕，叶片呈扇形的銀杏等，都現着从鮮血般紅到金箔般黃的种种濃淡不同的色調，装点美丽的秋山。

那么这些黄色和紅色是怎样产生的呢？現在拿最普通的槭树來說明。

各种植物叶子的顏色，不外乎三大类：第一为标准的叶綠色，这是由叶子所含的叶綠素造成的；第二为黄色素，叶子中通常含有两种黄色素，一种是叶黄素，另一种是胡蘿蔔素；第三为紅色素。

秋天，槭树等植物的叶子逐漸变紅，是由于叶的表皮組織的一部分細胞液內含有紅色素的緣故。这些紅色素都属于花青素。当叶子中有紅色出現时，必然是与糖分的增多有关。至于棕色，不是叶子本身产生的，而是叶子死亡后經過氧化作用的产物。这种变化与切开的苹果或馬鈴薯暴露在空气中产生棕色的氧化作用有些相似。

从植物的生长作用上来看，叶子所表现的秋色，是和叶子中营养物质的消耗分不开的。这一消耗作用首先由不溶性的澱粉变为糖分开始，既然花青素的形成与高的糖分相关联，因此这个时候也就成为初次出现花青色的阶段。糖分形成之后，跟着就是把这些储存的含硫含糖的养料运走，这时绿色素也逐渐消失。以后叶子就逐渐变黄色了，这不是因为有新的颜色产生，而是由于黄色素在这时变成了主要的色素。

这些颜色的变化，虽然有一定的规律性，可是也很有差异，这与内部条件和外部条件的不同有关，内部条件是指各种树木的特殊属性，外部条件是指天气情况。白昼晴朗而夜间多霜的天气，是转变红色素的有利条件，因为下霜的天气，一般都是很冷的天气，这时根的作用衰退，不能充分从地中吸收水分和溶化水里的养分，使叶的机能不活跃，发育、成长差不多已成停顿状态；另一方面，因为冷天天气一定干燥，叶面受空气干燥的影响，蒸发作用旺盛，体内的水分渐渐少去，这样下去，树叶不免变色。因此，多霜的秋季，也多美丽的颜色，尤其是红色；相反，如果是阴沉无霜的秋天，那么树叶是暗灰污浊的黄棕色，正和在花房里浇水浇得太多了所产生的影响相同。

任何一种使叶子积贮糖分的办法，也就是使叶子在秋天容易产生红色的办法。从一些人的试验中知道，我们也可以用不让糖分从叶子或叶根部分运走的办法来积贮糖分。例如把糖分积留在叶子中而变为红色，山菜萸的嫩枝经过剥皮后，叶子就变为红色，未剥皮的则仍为绿色。水蜡树和接骨木也可以用作试验品，不过，平常不能形成红色素的植物是不行的。还有一种办法，就是把嫩枝（须不脆的）弯曲，窒息了它的传导组织，阻止糖分的运输，也可以得到同样的结果。例如把红糖槭树小枝的枝头向下，用绳子扎紧，就可以积贮糖分而转变为红色。

叶子轉变为黄色，也要受外界条件的影响。如果处理得法，任何时候都可以把叶子轉变为黄色。最简单的方法是把叶子藏在暗处，使它不見阳光。用一組老嫩不同的叶子来做試驗的話，我們就可看到老的先黄，而嫩的較慢。当秋季树叶变色的时候，就可看到与此相同的現象，长在梗子梢上的嫩叶子 一般都是最后变色的。

此外，象把叶脈割断，一般也会使叶子的某部分由于所形成的可溶物质不能移动而轉黄較迟。根据这点，我們也就知道叶脈乃是叶子的真正运输工具。秋季叶子轉黄的正常变化，就是沿叶脈的部分最快而基底小叶最先出現黄色，这是因为这里运走养料最易的緣故。在叶的边緣和叶脈之間最先干枯，并且出現棕色。如果叶子依旧附着在植物用以运走叶內物质的某一部分上，那么发黄就較快。因此长在嫩莖上的叶子，就比把枝子折下浸在水里时更快地变黄。

七 彩色电影和彩色电视

1. 彩色电影 我們平常看到的电影,只有一种顏色,不管是花朵、是天空、是树林、是人物,在銀幕表現出来的,只不过有黑白濃淡的差別。这种电影,俗語叫做“黑白电影”。但是,有时候我們也可以看到一种彩色电影,在这种电影里,一切东西的色彩和我們在自然界看到的真正的景象差不多相同。我們看这种电影,好象面对天然景物一样,有亲切悅目的感觉,这就是彩色电影。可是这种美丽的色彩,是怎样拍摄和放映出来的呢?

光学家从研究結果中証实,把各种不同比例的紅、綠、藍三种光相加,可以得到自然界中所有各种不同顏色的色光。于是我們就把紅、綠、藍三种顏色叫做“三原色”;把两种或三种原色光相加形成另一种色光的方法,就叫做“加色法”。比如,把等量的原色光相加,就得到:紅+綠→黄;藍+紅→品紅;綠+藍→青;紅+綠+藍→白。

如果从白光中減去一种原色光,就形成两种原色光相加的色光。这样形成的色光,对那被減去的原色光來說,是互为补色的;換句話說,互为补色的两种光相加,可以得到白色光。这种形成色光的方法叫做“減色法”。比如:白-藍→黄(又叫減藍色)=(紅+綠);白-綠→品紅(又叫減綠色)=(藍+紅);白-紅→青(又叫減紅色)=(綠+藍)。

从白光中減去各种不同比例的原色光,可以得到自然界中任何一种色光。現代彩色电影胶片上的各种顏色,就是利用減色法形成的。加色法也可以应用在彩色电影的摄制和放映上,

不过手續太繁，而且有許多缺点，所以現在已經不采用了。

我們知道，白光射到不透明物体上的时候，如果光綫全部被吸收，物体便現出黑色；如果全部被反射，物体便現出白色；如果一部分被吸收，一部分被反射，那么被反射的光色，就是物体的顏色。被吸收的光色和被反射的光色，是互为补色的。

同样，白光射到濾光鏡或电影胶片之类的透明物体上的时候，如果全部透过，物体是无色透明体；如果一部分被吸收，一部分透过，那么透过的光色，就是透明物体的顏色。透过的光色和被吸收的光色，也是互为补色的。

我們知道，我們的眼睛能够看得見东西，是因为眼睛里长着許多感光細胞，当从物体上反射出来的光射到了眼睛里，刺激了感光細胞，就看到了物体。

我們也知道，我們的眼睛能够看到五顏六色的物体，是由于眼睛視网膜上的三种感光細胞作用不同的結果。自然界存在的一切顏色，都可以由这三种感光細胞的相互配合而被我們感覺出来。

当三种感光細胞受到刺激的程度一样的时候，得到白色的感覺；藍与紅的刺激多一些，而綠的刺激少一些，就得到紫紅色；綠与紅多一些而藍少一些，得黃色，藍与綠多一些而紅少一些，得青色，等等。

在彩色电影中的所有顏色，也是由这三种顏色造成的。不过用于彩色电影中的乳剂是由三层組成的：第一层对藍色光綫容易感受，第二层对綠色光綫容易感受，第三层对紅色光綫容易感受。

拍摄的时候，从物体上射出的各种不同顏色的光綫落在底片上，这时，第一层接受所有物体上的藍色光綫，第二层接受綠色光綫，第三层接受紅色光綫。

底片把混合起来的各种复杂的颜色，分离成为三种基本的颜色。在光线的影响下，乳剂颗粒中发生了变化。从这些极小的颗粒中分析出金属银，物体的象经过这种过程便在底片上组织成了，但还是眼睛看不见的潜影。再经过显影的手续，色彩才在底片上显现出来。

显影就是使显影液中的化学物质与乳剂发生作用，主要的是金属银和显影液中的氧化剂发生作用。

显影液中的化学物质，也与每个乳剂层中的颜色成分发生反应，而构成颜色。在上层产生黄色，中层紫红色，下层浅蓝色。

以后除去底片上多余的金属银、溴化银和反应的副产物，经过一连串的冲洗手续后，便得到彩色的原版（即阴片）。但在原版上一切物体的颜色并非来自自然的颜色，而是由各种颜色的补色构成的物体的象。例如，红色的玫瑰在原版上是浅蓝色的，草的颜色变成了淡褐红色，蓝色的矢车菊则成为黄色的。

把阴片上的象转印到阳片上，物体就恢复到自然的色彩，玫瑰变为红色的，而草与树就是绿色的了。

转印是在特殊的印制机中进行的。在这种机械中，阴片与阳片紧密的重合在一起，以一定的速度移动。

印制机的灯光透过阴片落在阳片上。阴片的三个层中有黄、绿和浅蓝三种颜色，灯光透过这三种颜色落在阳片上，好象透过滤光器一样。阳片接受了被阴片所滤过的光线，就在阳片上的三个乳剂层中产生相对应的变化。

结果，在阳片上便留下了和原来物体同样色彩的画面。

放映的时候，放映灯的白光通过彩色透明阳片，射到银幕上。银幕上映出的色彩是怎样的呢？我们从图 45 中从左向右依次序来看：阳片左面第一行的三层都是无色，白光通过的时候，没有减去任何原色，所以映在银幕上的也是白光；在第二行，白

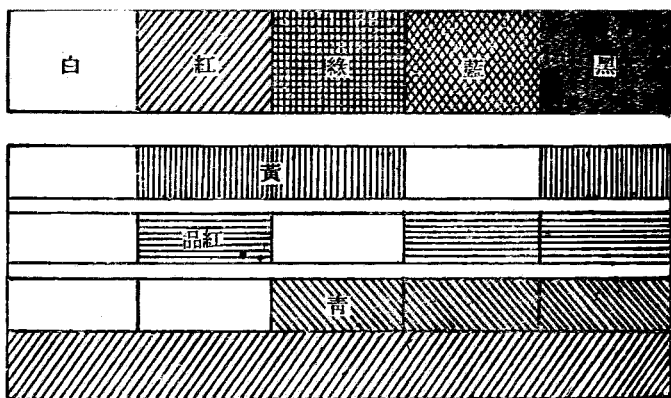


图45 彩色电影胶片

光通过黄和品红，被减去蓝和绿，所以映出红光；在第三行，白光通过黄和青，被减去蓝和红，所以映出绿光；在第四行，白光通过品红和青，被减去绿和红，所以映出蓝光；在第五行，白光通过黄、红和青，三原色都被减去，所以映出黑色。

如果景物原来的颜色是红、绿、蓝、白、黑以外的其他各种颜色，那么，透明阳片上的三个补色层，就会有浓度上的差异，因而对三原色进行部分的吸收，银幕上也就映出红、绿、蓝、白、黑色以外的其他各种颜色。所以我们看到的电影就是彩色的了。

制造彩色电影片比制造黑白电影复杂得多，需要有较高的技术和精密的机器设备。我国从前不会拍摄彩色电影，解放后，在苏联和其他社会主义国家的帮助下，我们已经拍摄成功了好几部彩色电影片，例如“祝福”、“女篮五号”等，不久的将来，一定还有更多的彩色电影片拍摄出来。

2. 彩色电视 据传说，古代的一个魔术师，有一面奇妙的镜子，从这面镜子中，魔术师可以看到几千里路以外的东西。

当真有这种鏡子嗎？沒有。只不过是有趣的神話罷了；但是，現代的科学却把神話变成了美丽的现实。科学家发明了这种“鏡子”，可以看到遥远的地方，并且听到声音。这种鏡子就是“电视机”。

电视机的外形，跟普通的无线电收音机差不多，不同的是它上面有一个小小的明亮的屏幕。一扭开电视机的机紐，我們可以在小屏幕上，象看电影一样看到远处大剧院里的表演，并且从电视机的喇叭里听到演員的声音。

这个神秘的“鏡子”，为什么能够讓我們看到远处发生的事情，听到远处的声音呢？說穿了，没有什么奇怪，它的原理同收音机是相近似的。大家都知道，收音机所接收的是电台的广播，电台把声音变成无线电波发射出来，收音机收到这些无线电波以后，又把它还原成声音放出来。电视也有个电视中心站，在那里，不但要把声音收下来，而且还要把各种人物的表演形象，用电视摄影机摄下来，把它变成无线电波发出去。电视接收机收到这些电波以后，又把它还原成人物形象在小屏幕上映出来。这就使我們看到远处发生的事情了。

现在不仅有黑白电视，并且还有与彩色电影一样的彩色电视，这可以把人物和自然界的天然景色，例如紅暈般的面龐，碧油油的草地，葱蘢的林木，蔚藍色的天空，金黃色的田野，逼真地在电视机的小屏幕上显现出来。

彩色电视的基本原理很简单。我們在前面說过，自然界中几乎所有的各种顏色都能用紅色、綠色和藍色三种基本顏色按比例配合而得到。彩色电视，同样也是把被傳送的图象的每一象点的顏色分成三种基本顏色，每一种顏色相应的电信号同时或者逐一发射出去，而在接收的地方把它們合攏起来。

图 46 是一种最简单的彩色电视系統。在发射管和接收管的

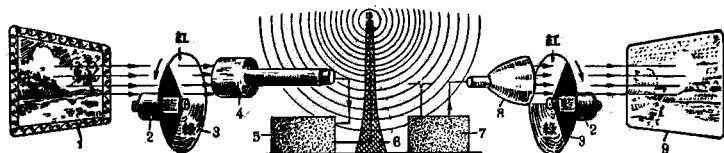


图46 彩色电视系统

1.被传送的彩色图象 2.电动机 3.三色滤色旋转圆盘 4.反射管 5.发射机 6.頂上装有发射天线的铁塔 7.接收机 8.接收管 9.再显现的图象

前面，旋轉着两个三色滤色圆盘。两个圆盘的旋轉是一致的。譬如，当紅色滤色器处在光线射向发射管的途徑上的时候，同色的滤色器也遮盖住从接收管射向观看者的光线。

彩色电视的每一幅图象，必須傳送三次。图象順次地透过紅、藍、綠三个滤色器而投射在电视发射管上。結果在发射管中形成了三組信号。这三組信号，将在接收管的荧光屏上按照同样的程序产生三个单色的图象，每一个图象都要通过相应的滤色器。着上了三种基本顏色的图象的迅速更換，观众就連續地看到三种不同顏色的影象画面。由于視感觉的暫留作用，这时观众感到的是具有自然色的联合影象的感觉。

八 冷的光和热的光

1. 冷光 人类老早就发现,发光的物体——光源,一般都是很热的。太阳是光同时也是热的无尽源泉,它表面温度高达 6000°C 。绝大部分的人工光源也是很热的,象篝火(图47)、油灯、白熾电灯和弧光灯等,温度也高达一二千度或四千多度。

然而,不是一切光源都是很热的。只要稍稍留意一下,就会发现,也有不热的光源。例如,萤火虫会发光,但是它一点也不热;能在夜间闪闪发光的夜光表,也是不热的;还有,霓虹灯和日光灯在使用时,灯管也不算很热的……。

如果说,从太阳之类很热的光源发出的光,可以叫做“热光”的话,那么,从萤火虫之类不热的光源发出的光就可叫做“冷光”了。

但这不是說,“热光”和“冷光”竟是两种不同的光。从本性上說,它們是一致的。不管是“热光”或者是“冷光”,都是波长十万分之几厘米的电磁波。不同的只是发生的原因。那么,它們又是怎样发生的呢?

我們先来看看有趣的萤火虫。

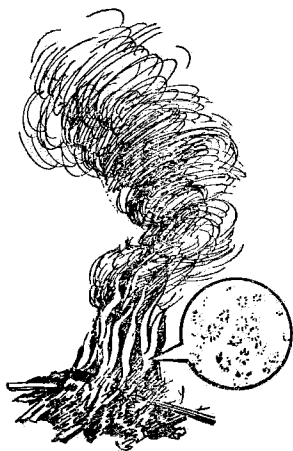


图47 篝火

(右边圆圈里是火焰中碳粒放光图解)

夏天的晚上，在河边，在树林里，在空曠的野外，萤火虫三三两两地在离地面不高的空中，飞来飞去，閃着銀色的光；有时候，这些閃光会是很濃很密的，形成了銀光万点，人在其中仿佛是走进了繁星世界一般。在这样的晚上，孩子們的兴致是最高的了。他們手里拿着把扇子，提了个小瓶瓶，口里还哼着什么“萤火虫，夜夜紅，飞在天上象灯笼”。誰要捕到了一个，就同得到了寶貝似的滿心喜欢。对于劳动了一天的人們，这时候也会忘記了白天的劳累，心情愉快地观赏着这种天然的“提灯晚会”。

萤火虫是一种很有趣的昆虫，人們对它向来有着許多有趣的記載和傳說。“輕罗小扇扑流螢”，就是描写我国古代的青年妇女們捕捉萤火虫的詩句。另外还有这样一个傳說：我国古代有一个名叫車胤的学者，少年时代家里很貧穷，买不起油点灯，就捉了許多萤火虫照着讀書(图 48)。



图48 車胤囊螢讀書

古代人們对这种有趣的小昆虫，除了用詩歌和故事来描述它外，对它的发光道理，也提出过一些看法。例如在“礼記”“格物总論”中就有着这样的記載：“生阴地池澤，常在大暑前后飞出，是得大火之气而化，故如此照明也。”

萤火虫腹部的末端，有一个构造特殊的发光器，銀色的螢光就是从在这个发光器里发出来的。这个发光器一共包括反射层、发光层和透明的表皮三个部分。发光器的周圍有很多神經和气管。在发光器的三个部分中，最重要的是发光层，其实就是一个个发光細胞。这些細胞里面有一种螢光素，是萤火虫发光的基本物質。此外，还有一种叫做酶的东西。

当氧气供应充足的时候，螢光素先进行氧化，再和螢光素酶发生作用，螢火虫的光亮就射出来了。反射层是不透明的，但是在它的細胞里面，含有一些顆粒状的尿酸盐的結晶，这种結晶顆粒是乳白色的，它可以把发光层发出来的光通过透明的表皮反射到外面来。氧气的供应是由气管輸送来的，它的調节又是由神經来控制的。氧气充足，光就亮；氧气少，光就暗，这就是螢火虫的光亮老那样一明一暗的原因。

螢火虫不但成虫能够发光，它的蛹和幼虫也都能够发光，甚至有的卵也能够发光。腹部发光的幼虫，在池塘或小河的旁边和水底下慢慢地爬行着；螢火虫的卵就好象一顆顆明珠一样，鑲嵌在这些地方和岸边；螢火虫的蛹則象是一个个宝石，躺在那儿，也閃出耀眼的光亮来。就这样，常常把一个小池塘或一条小河，裝飾得銀光閃閃，美丽动人。

螢火虫发出来的光很柔和，适合人們的眼睛。它的光热量很小，拿蠟烛来同它比較，它的热量是同样亮度的蠟烛所放出的热量的八万分之一还不到，几乎是只有光沒有热。

黑夜里，常常会在乱坟堆里出現点点灯光，飄来飄去，有时看見，有时又看不見。迷信的人以为这是“鬼火”，把它叫做“鬼灯籠”，还对这些所謂“鬼灯籠”作出各种各样的猜想。于是，愈弄愈糊涂，始終得不到正确的解釋。

这是“鬼灯籠”嗎？当然不是。这是因为人的尸体腐烂后，会产生磷化氢气体，这些气体如果上升到空气里和氧气接触，发生自燃現象，那么就发出光来了。因为空气是流动的，所以它也飄来飄去，不固定在一个地方。

这种“鬼灯籠”人們很容易看到，誦的人多，大家就不感到奇怪了。

可是，有一些不常看見的发光現象，人們在偶然看到的时

候，就难免感到異常的奇怪。

据说在某地，有件事情曾經成为当地的大新聞，誰都在談論着。你道是什么事？原来每到夜里，在一个角落里閃耀着一团亮光。人們开始注意起来了，可是走近去看看，只看見一根腐烂的大树根，此外什么也沒有。

“难道树根也会发光嗎，真是怪透了！”有人这样說。

迷信的人就又振振有詞了：“这准是树根在发光，大树根成精啦！不成精怎么会发光？”

这件事說穿了一点也不奇怪，树根是不会发光的，当然也不会“成精”的，但是腐烂了的树根，是可能会发光的。

当然，这是說可能，并不是說树根腐烂了一定会发光。树根腐烂了，上面长出了一种絲状菌，这种絲状菌遇着空气里的氧气会发光。只有长着这种发光菌的树根才会发光。其实不单是树根如此，一切的木材腐烂了，如果长上这种发光菌，也一样能发光。

这种腐烂的树木发光現象，在森林里是常可看到的，一般就比較少見。

不仅腐烂的木材会发光，就是腐烂的魚、肉有时也会发光。这是因为魚、肉里面含有磷，腐烂时变成磷化氢的緣故。

这种光的发生都和温度不发生关系，也不会增高发光体的温度，我們也叫它做“冷光”。

海洋中有一种奇妙的发光現象，海里經常出現白色的、綠色的、紅色的光，忽明忽暗地閃耀着。这是一种称为“夜光虫”的单細胞生物在那儿发光(图 49)。深海里的魚类，有許多都会发出冷光(图 50)，把黑暗的海洋織成一幅美丽的画图。有些魚自己有发光器，能分泌发光的物质，有些甲壳类中属于介形类的海螢，它的发光器是很简单的，从口旁边分泌出一种粘液来，这种

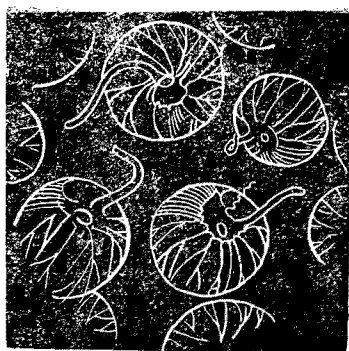


图49 夜光虫

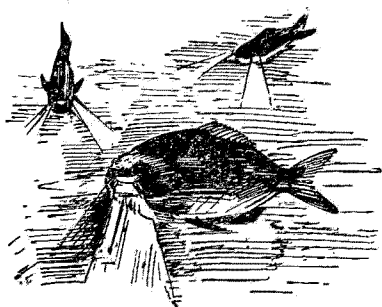


图50 具有发光器的魚

粘液一接触了海水，便会发光；还有一种发光海水虱，棲息于海底沙粒間，能象夜光虫一样发光。

細菌、昆虫、魚类，会发射冷光的很多，萤火虫是它們的代表。

发光对于生物的生活究竟有什么意义，科学家到现在还没有很清楚。有人認为深海的魚类的发光，主要是为了帮它們在黑暗中找吃的东西。不过也难以相信，因为有很多深海魚类的眼睛已經极度退化，就是有光也起不了什么作用，但是它們身上的发光器却还是在发着光。而且不单是深海魚类有发光器，海洋中上层的魚类，也有好多具有发光能力的，那又是什么道理呢？不过在某种情况下，发光对于吸引食物是有着一定作用的。此外，发光也可以迷惑敌人，保护自己，所以当动物受到惊吓时，就会发光。也有人說，发光的作用是动物同种互相辨别的标志，或者在生殖季节里作为求偶的信号。发光和呼吸，似乎有着密切的关系。因为发光所产生的带氧荧光素，需要还原，釋放出来的氧，就可以在呼吸中利用。

海上的漁民会区别海面不同的发光现象，一种叫做“呆光”，

就象天空的星光，那是夜光虫一类发出来的；还有一种叫做“魚光”，是由魚群掠过，惊动了其他动物所发出来的短暫的閃光。漁民靠着海水的发光观察魚群动态；夜航的时候还可以靠海水的发光来辨認附近的礁、岸、淺滩；很多地方漁民利用魚的发光器做釣餌，效果很好。

是不是說这种冷光在晚上才会发生呢？不是的。在白天一样能够发光的，只是它們的光是很微弱的，在强的太阳光下面，我們就看不到。莫說一种冷光，就是放一盞10烛光或是更亮的电灯在太阳光下，你也不会覺得它有亮光。因为太阳光强，烛光弱，弱光就被淹沒得看不見了。

冷光現象当然不仅是上面所講到的这些。有些物質，日光落在它們身上，它們就会发出和发光体不同的光。譬如說火油吧，那是不会发光的，可是它受到太阳光的照射，你仔細看一下，就能看到油面上閃耀着青色的光。松节油和火油一样，受到太阳光的照射，也会发出淡淡的綠光。不过太阳光一移去，这些光就不見了。象这种受到太阳光的照射才能发光，太阳光移去便立刻消失的光，我們叫它为“熒光”。許多有机性顏料的溶液，都是会发射出这种“熒光”的。

另外有些物質，例如鈣、鋇、鋇、鋇、鋇的硫化物等，它們受到日光的照射，就会发出光来，它們的情况和熒光不同，即使将照射的日光移去，它們能繼續发光，有时能持續好几个鐘头。象这种受到日光的照射会发光，日光移去仍能繼續发光的光，我們叫它为“磷光”。

熒光和磷光，既然都需要有日光照射才会发光，可是为什么有些含熒光質和磷光質的物体白天并没有受到日光照射，黑暗里也会发光呢？而熒光和磷光在黑暗里发光，这是因为太阳光里有紫外綫，熒光和磷光物質受到紫外綫的照射发光。除了紫外

綫外,其他看不見的光綫也會使它們發光。

你看過夜光錶嗎?在黑暗里,也能看得出時間,那上面的時針和鐘點符號都是會發光的。這種光也是冷光,可是這種光怎麼會發出來的呢?原來這上面塗了一種特殊的發光物質,主要是會發熒光的硫化鋅和微量的放射性物質。放射性物質所發出的射綫刺激着硫化鋅,硫化鋅就發出微光來了。

夜光錶不過是應用發光物質的一個例子。發光物質在國防上有很重要的用途。它使我們能在完全黑暗中使⽤羅盤、標尺等,甚至可以把它塗在放大鏡的鏡框上照明軍事地圖。

在充滿氣體的玻璃管中放電,這些氣體就會發出光來。這時候,光綫只和氣體的種類有關係,和溫度卻沒有關係。氖氣發出紅光,氬氣會發出藍光。這種電燈叫做放電燈,廣告上用的霓虹燈就是這種放電燈。

因為這種放電燈只能發出色光,不能發出白光,所以利用做廣告雖然很好,利用它照明卻不合適了。

另一種放電燈叫熒光燈。在玻璃管內塗上會發光的熒光粉,放電後,也會發出光來,而且隨着熒光粉的不同,發出來的光的顏色也不同。有一種熒光燈,它發出來的光綫和太陽光差不多,這就是我們現在已經逐漸普通採用的一種冷光燈——日光燈。

日光燈的發光既然不依靠熱,所以它和白熾電燈相比,用電要省得多,而且發出來的光也不刺眼,是很理想的光源。

前面我們講到過的極光,實際上也是一種冷光,它是從太陽光來的帶電粒子的激流,在地球高空的稀薄空氣中激發起來的。

2. 熱光 我們對冷光已有一個概括的了解,那麼熱光又是什麼呢?它是怎樣發出來的呢?

誰都愛太陽光,誰對於太陽光都不會生疏。難道還會有人不

知道它是从太阳上射来的嗎？

可是太阳上怎么会有光发出来，而且是那么亮呢？这就不一定每个人都知道了。

要明白为什么太阳上有那么亮的光发出来，先应该知道物体为什么会发光。

原来，除冷光外，物体所以会发出可见的光，主要是由于它达到了较高温度。物体在达到较高温度时，才会发光；温度愈高，发出的光愈亮。

太阳的表面达到 6000°C 的高温，可以想象，这是多么热，因为温度那么高，所以发出的光那么亮。

我们当然不可能到太阳旁边去看个明白。不过，想明白温度和发光的关系，以及物体到达较高温度时才会发光的道理，却不是难事，我们可以仔细观察一下我们周围物体发光的情况。

比如说铁吧，大家都看到过，这是一种黑色的不会发光的物体，如果把一块黑色的不会放光的铁放到火炉里去烧，那会怎么样呢？这块铁就不能保持老样子了。我们可以看到，随着温度的增高，它慢慢地变成暗红色，就是说，它开始放光了。以后要是温度继续增高，它发出的光便变成很亮的红色，再以后出现黄色、黄白色。怎么会有这种现象呢？科学家已经给我们查得清清楚楚，铁在温度没有超过 $450\text{—}500^{\circ}\text{C}$ 的时候，是不会放光的；温度提高到 $600\text{—}700^{\circ}\text{C}$ 的时候，便开始发出暗红色的光；以后到了某种温度，就会发出特殊的光来；到了 1500°C 左右，它就开始放出黄白色的光了。可见光是由高温产生的。

我们还可以看看其他物质发光的情形。我们擦一根火柴，烧一张纸片或一块木头，都会发出光来。这些光也是由于物体到达较高温度而来的。燃烧作用就是将隐藏在燃料中的化学能解放出来，解放的结果是火焰里产生很高的温度。由于化学反应所

放出的热，把火焰里未曾燃烧的碳的微粒灼热到 2000°C 以上，因而放出了明亮的光。

再来看一下供给我们光亮的灯吧。不论是植物油灯、煤油灯或是蜡烛，它们都是有火焰的。我们如果把一只瓷碟子放在这些灯的火焰上，碟子马上就粘着一层黑色的油烟。灯会发光的秘密就在这里。火焰里面油烟的微粒被灼热到 2000°C 以上，就发出明亮的光了。

但是并不是所有的灯都有火焰。白炽电灯就是没有火焰的灯，白炽电灯发光，并不依靠燃烧，也没有火焰。不过，白炽电灯发光还是离不开热，离不开高温。电流通过导线，导线就会发热，强的电流可以使导线达到白热的程度。白炽电灯里，就是电流将灯丝灼热到 2000°C 以上，才能发出明亮的光来。在早期的白炽电灯里，灯丝是炭丝做的，现在白炽电灯泡的灯丝是用钨做成的。钨是一种耐得起高热的金属，它的熔点高达 3370°C ，因此用来做需要耐得起高热的灯丝很合适。

上面所讲到的各种光，不管是太阳光、由燃烧所发生的光、煤油灯光或白炽电灯光，它们的来源都是热，都需要依靠高温。

我们把这些依靠热才会发出来的光叫做“热光”。这是因为热固然是物体发光的主要原因，却不是唯一的原因；也有一些物体，它们不用加热也会发光，这些光和热毫无关系。这就是我们前面所谈的“冷光”。

那么为什么物体在高温中会放光呢？

要进一步揭露物体发光的秘密，就必须深入到分子和原子内部去，因为光是从分子和原子内部放出来的。

我们知道，分子是由两个或者更多的原子构成的；而原子又是一个核和绕核旋转的电子构成的。在原子世界里有着严格的

秩序，它的电子都在一定的壳层上运动。而光就主要是由于外面一个壳层上的电子发射出来的。

分子或原子的外层电子，可以具有各种可能数值的能量。在正常状态的分子，具有最小的能量。当外来的能量激发分子或原子的时候，外层电子就会吸收一分能量，这样，分子或原子就进入所谓“激发”状态。然后，外层电子将吸收的这份能量以光能的形式放出，分子或原子也就回复到正常状态。

我們知道，所谓热，就是分子或原子的杂乱无章的运动。当物体达到高热的时候，它的分子或原子就很快地运动着，也就是说，它的分子或原子的动能变得很大。当分子或原子互相碰撞的时候，分子或原子的动能就常常会被外层电子所吸收，使分子或原子进入激发状态。然后，外层电子将吸收的这份能量，以光能的形式放出来，使分子或原子回到正常状态。所谓热光，就是这样发生的。

分子或原子不仅可以由热能激发而发光，同样也可以由其他能量激发而发光。象化学能、电能，甚至辐射能（可见光、紫外线、伦琴射线和丙种射线），都可以使分子或原子放光。

九 太阳怎样会发光

我們每當夜里仰望滿布天空的星星時，不由得這樣問：這許多星星是怎麼會發光的？

我們肉眼只能看到幾千顆星星，用望遠鏡一看，就知道實際上有千千萬萬顆星星。其中每個恆星都象太陽一樣，是一個巨大而熾熱的氣體圓球，能發生大量的光和熱。太陽也不過是眾多天體中的一個，不過由於太陽比其他恆星距離我們近得多，因此，好象大得多，亮得多。

太陽給我們這個行星送來光和熱，它是地球上一切生命的來源。要是沒有陽光，地面上將是死氣沉沉。多少年來，人們為了要回答太陽為什麼會發光這個問題，曾經大傷腦筋。太陽能的性質究竟是什麼呢？它靠什麼發光呢？象現在這樣照耀下去，它還可以發光多少時間呢？諸如此類的問題。為了要了解這些問題，除必須了解天體的性質、它的化學成分、構造、溫度外，還必須知道太陽內部的情況和在相類似的情況下，會產生哪些過程。

太陽在宇宙間發出大量的光和熱，但是落在地面上的太陽能，不過是全部太陽能的二十億分之一吧了。在宇宙間，還有許許多多的星體，它們發出的能量比太陽大一萬倍以上。

這樣巨大的能量是從哪里來的呢？太陽在“燃燒”着，看來它是一個火團，這會不會象火爐那樣每秒鐘需要燒掉大量燃料呢？這個想法很有趣，根據這個想法，如果即使是跟太陽同樣重量的好煤，也只能夠燃燒 3000 年吧了，但是太陽發光的年代比

这要长得多。地质学家已经给我们的地球算了一算，它已经有 30 亿年的历史了，太阳不会比地球年轻，它的年龄至少在 30 亿年以上。

有一时期，有人认为太阳能的来源，是由于它本身的重力而发生收缩。因为物理学告诉我们，气体受到压缩时会发热，太阳是一团气体，它在收缩时会发出热和光来。但是经数学家的计算，依靠收缩而来的能，太阳只能照耀 5000 万年，但是这个年龄却比太阳的年龄小得多。

很长时期以来，人们不能圆满地回答太阳发光的原因。直到最近十几年里，由于原子物理学上的新发现，这个问题才找到了解答。

在一切物质内部，也就是在原子核的内部，含有很大的能量。在原子核发生某些变化的时候，它就可以释放出来。现在科学家在实验室里已经会改变原子核，用人工的方法把一种元素变为另一种元素，同时放出能来。

太阳的内部条件，和我们在物理实验室里所常见的条件，是完全不相同的。太阳中心部分的温度高达 2000 万度，而压力比地球表面的大气压力不知大多少亿倍。因此太阳的气体同我们所熟悉的普通气体，当然是不同的。但它同样是由极微小的质点——原子核和电子组成的。

太阳中心部分的高温，说明太阳气体的极微小的质点是运动得很快的；因为压力大，密度也大，所以质点之间的冲突是不可避免的；质点互相冲突的时候，彼此发生影响，便发生复杂的热核反应。热核反应的结果，把在太阳中心的氢转变成氦。在这过程中放出的原子能，就是太阳光和热的来源。

由此可见，我们的太阳象一个大实验室，它每秒钟进行着氢转变为氦而放出能来的过程。其中的氦，好象是经过“燃烧”而

成为一种特殊的“灰烬”。

有些人认为，既然太阳由于它内部氢转变为氦而发光，那么，很显然，太阳内部的氢的储藏量不是有一天有耗尽的可能吗？那末太阳的“燃料”能够维持多久呢？作为地球上一切生命力来源的太阳，既然有熄灭的可能，我们的安全不是就要受到威胁了吗？

这些问题很有趣，但是大家知道，太阳的成分中有一半以上是氢，太阳内部的氢转变为氦的速度，也已经知道，象它现在这样依靠内部所储藏的氢来发光，据估计，这个储藏量还足够维持100亿年。

要知道太阳能的来源是原子核的能，而人们已经掌握它运用它了。未来，还有数百亿年，科学技术将有很大的发展，担心太阳内部氢的储藏量会耗尽的想法，这是不必要的。

十 看不見的光綫

1. 紅外線 冬季，在白雪皚皚的山上，人們在耀眼的太陽光下，雖然穿着較少的衣服，還是感到相當暖和。這是什麼道理呢？當然，你會說這是太陽光照着我們的緣故。但是，你有沒有想到，我們在受到看得見的太陽光照射的同時，也受到來自太陽的看不見的紅外線照射呢。

紅外線和可見光一樣，都是電磁波。不過，它的波長比可見光長些。可見光的波長範圍是 4000—7700 埃（從紫到紅），而紅外線的波長範圍是 8000—4000000 埃。

紅外線射到我們身上，就會被我們的身體所吸收，而使構成身體的物質的分子，作更加強烈的雜亂無章的運動。我們知道，所謂熱就是分子的雜亂無章的運動。這樣，我們的身體受到紅外線的照射，就會感到熱。

雖然可見光也能被人體吸收，而使人感到熱。但是由於太陽光綫中紅外線是主要的，所以人在太陽光下，紅外線使他感到熱。

紅外線透過空氣的時候，幾乎沒有什麼損失；而射到雪上去，又會差不多完全漫反射出來。因此在積雪的山上，我們既要受到直接從太陽中來的紅外線的照射，還要受到從積雪上漫反射出來的紅外線照射。在積雪融化以後，這種紅外線的漫反射就要弱得多，因為深色的土地會吸收紅外線，而使自己變熱。

事實上，在我們日常生活中，我們也常常遇到紅外線。例如燒熱的鐵熨斗，暖氣設備，甚至我們自己的身體，都在不斷地發

射着紅外線。

紅外線不仅来自太阳，每一个物体，只要它比周圍热，就会将它的热能的一部分，以輻射的形式放出来。因此，我們可以造出人工的紅外線光源。远远的星云，也有紅外線射到我們的地球上来；太阳落山后，地面也发出一种紅外線。

利用人工紅外線光源进行热处理，在国民經济上具有重大的意义。

那么紅外線有些什么用处呢？

(1) 紅外線在摄影上的应用。我們知道，紅外線的穿透能力比可見光大，例如花草、树木枝叶、木料、胶木和塑性材料等，对紅外線來說都是透明的，因此利用紅外線照相有許多特殊的优点(图 51)。

紅外線摄影，最普通是应用于远距离摄影和天文摄影。这是因为紅外線能穿透云层，而可見光就不易穿透。在月夜的天空中，紅外線很少，因此利用紅外線摄影可以摄出星的清晰的象而不被月光干扰。在夜間我們可以对飞机或輪船摄影，而不被发觉。因为机身或烟囱相当热，会发出紅外線。用紅外線摄影，还可以把被掩蔽涂改了东西揭露出来，使我們看到真相。



图51 黑暗中利用紅外線
摄成的石膏象照片

(紅外線的光源是石膏象两边的
灼热熨斗)

(2) 紅外線在烘干技术上的应用。紅外線还具有一种极有价值的特性，就是能将它所照射的物体烘干。这种加热不是用一般从物体的表层深入到内部的方法，而是从內向外加热的。紅

外綫透入到被照物體的內部，於是它的能量便異常迅速地轉變成熱能。在各種需要把製品迅速加热的工藝過程中，首先是干燥過程中，尤其是在不能使用高頻電流的地方，紅外綫這一性能得到日益廣泛的應用，這是很自然的。

有許多工業產品需要塗油漆或着色。但在烘干這些油漆的時候，往往要把物品放在專門的蒸汽爐、煤氣爐、電爐和其他干燥爐里，而且干燥過程要 19—20 小時，其中 3—4 小時是用來慢慢加高熱度的；在裝爐、卸爐的時候要白白地損失掉很多的熱量。而且干燥爐一般體積很大，笨重。

但在利用紅外綫進行干燥的時候，情形就完全不同了。它的能源來自各種各樣的專門裝置。紅外綫干燥裝置上面有着一些窺視窗，通過這種窗可以觀察干燥的過程，並確定是不是要打開或關閉相應的燈頭來加以調節。這些燈可以從不同的距離照射透過的製品，這樣就可以保證輻射能的因地而異的劑量，保證它在預定地段的強度，避免了熱量的損失。這樣的調節，在其他形式的干燥爐上是完全沒有的。結果，生產過程所用的時間，縮短了一半，而干燥工作卻達到極高的質量，塗漆表面各個部分都是一樣的堅固，經久耐用，顏色均勻。此外，紅外綫裝置比普通干燥設備在長度上短了一半，而且電能也少用了 20—30 %。

紅外綫不但可以被用來快速干燥油漆製品，還可用它來烘烤餅乾、麵包干、干魚和其他的食品。

用來烤麵包和點心的是一種高頻率電流和紅外綫的聯合裝置。在外表上這種烤麵包的爐子和普通烤麵包的爐子並沒有什麼不同的地方。爐子的金屬底作為一個電極，由銅柵或銅網構成的爐頂是第二個電極。兩個電極都連接在高頻率電流的發電機上面。同時，爐子還裝備着紅外綫輻射器。輻射器和高頻率電流裝置的功用各有不同，高頻電流是用來對烘烤麵包和點心內

部发生作用；紅外線是为了形成面包和点心的外皮。这样可以消耗較少的脂肪，而面包却比一般的烤面包的炉子里烤出来的好吃，柔軟，而且完全保存了里面的維生素。而且所花費的时间也縮短了 50—80 %。

(3) 紅外線在通訊上的应用。利用紅外線傳達語言和信号，有很大的优点，因为可以不用電綫，又不受云雾的阻擋，也不会被人发觉。例如图 52 就是一种利用紅外綫的通訊装置。紅外線

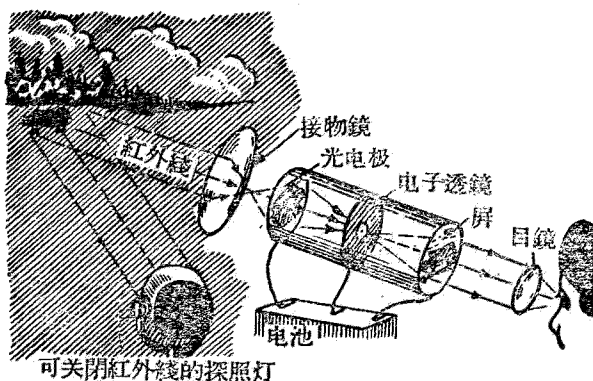


图52 用紅外綫通訊

在光電極上激发出电子，經過电場的加速，射到阳极的熒光屏上。熒光屏上有一层熒光的物质，它接受到不同密度的电子流，就发出强度不同的光，这光可以从目鏡中观察到。紅外線通訊原理是使物体上所反射的不同强度的紅外線，产生不同密度的电子流，射到熒光屏上，我們就可从目鏡中看見由强弱不同的光所組成的物体的象。

(4) 紅外線在农业上的应用。紅外線在农业上，首先是在耕作技术上，也可以广泛地应用。装备有紅外線輻射器的温室，每年可以收获两次甚至三次的青菜。由于紅外線的作用而发生

的热和紅外線本身几乎不能够透过温室的玻璃,这就是說,輻射器里的能量在这儿可以被温室利用到最大限度。这一特点,对于一些在冬季太阳能量不足,許多有价值的蔬菜作物不能成熟的地区特别重要。在其他地区的温室中,采用紅外線照耀来加速各种菜蔬和水果的成长,也是适宜的。

此外,紅外線还可以用来治疗疾病,例如用紅外線治疗神經炎以及其他类似的炎症,已得到了良好的效果。由于紅外線能够充分地、深入地射到內脏,因此,利用紅外線比用盛有热水的壶去使內脏受热更显得有效。

2. 紫外綫 把金属加热,最初由暗紅而亮紅,最后发出耀眼的白色。剛由高炉里倒出来的鉄水,电灯泡里的鎢絲,都是达到了这样的白热状态。白热金属所发出的光綫中,包含了很多不同性质的部分:紅外線、可見光綫和紫外綫。其中紅外線的照射使物体变热,紫外綫对于生物的生活机能有一种兴奋作用。所以通常把紅外線叫做物理的光綫,又叫做热射綫,紫外綫叫做化学的光綫。紫外綫是一种看不见的光綫,不过它具有强烈的化学性能。

紫外綫本身虽然不能看到,但是它有一种奇怪的性质,能使几种有机和无机物质发出光来。假定地球突然籠罩在一层黑暗无光的烟幕中,太阳光透射不到地球,只有紫外綫能射到地球上,那么我們将会看到一幅奇幻的图景。在黑暗中走路的人們彼此已难看到,但他們的牙齿却在閃閃地发出耀目的白光,指甲发出淡藍色光輝;石屋、树叶都会发出彩虹般的顏色,那些落在路面上的濃黑的石油,遇到紫外綫,就会发出咖啡色;机油和火油滴,象鮮艳的火星般发着光;写字台上的白紙,馬上会显出藍色、紫藤色,或完全看不见。

科学家发现,在紫外綫照射下,金剛石发出了蔚藍的光;透

明的方解石发出了金黄色的光。他们又发现，各种石油发出了不同的光：较重质的石油，发出褐色，较轻质而多挥发性的石油，发出黄色和蔚蓝色。如果在石灰岩或沙岩中含有极微量的石油或瀝青痕迹，就可以用紫外綫去探索出来。因为石油在岩石中并不象一片湖，而是由于地壳变动，成为很曲折的层次，要发现石油，必須用鈷探机来探测，但是也常常使地质工作者們白費心机。現在利用石油发光的性質，只要用紫外綫去探测，不管石油埋在地下有多深，也可以指出它的化学成分和蘊藏量。

有时候，石块不愿意发出它所含有的深藍色来(深藍色是有瀝青存在的信号)，但是，这絕對不能說，这里沒有石油矿藏了。說不定矿石中的瀝青含量极少，因此激发的光很微弱。

現在，医学上广泛应用紫外綫来治疗体質虛弱的人，主要是利用这种光綫的活力，使它深入人体內脏，达到治疗的目的。紫外綫特別适宜于治疗佝僂病，小儿虛弱症和某些傳染性皮肤病等。

利用紫外綫还可以給衣服、用具、飲水和牛奶等进行消毒。图 53，就是利用紫外綫在牛奶中消毒的情形。这种消毒的方法很简单，只要用一种特制的灯沉到牛奶里去，就能杀死里面的細菌。

紫外綫和我們人类生活的关系是非常密切的，它能把我們身体內的一种有机体变成了种維生素，供給身体的需要，还能杀死病菌。

太阳光中含有的紫外綫虽然不多，但对人体能发生有益的作用，长期在城市居住和室內工作的



图53 利用紫外綫消毒牛奶

人，常因缺乏紫外綫而体質衰弱、肤色蒼白，尤其在矿井和地下劳动的工人，應該常用太阳灯——水銀灯照射，才能保持健康。

紫外綫射到地面时，一部分被空間的水蒸汽、云雾、尘埃所吸收，到达地面的只不过是全部紫外綫的一部分，因此高山上的紫外綫較多。海濱因海水的反射作用，空气中也含有較多的紫外綫。所以疗养院多設在 1000—2000 公尺的高山上，或設在海濱。

但是，紫外綫太多了，太强了，对我们身体也是有害处的。它能伤害我们的眼睛和皮肤，又能使人全身不舒服。电焊时发出耀眼的光亮，这里面就有多量的紫外綫，能伤害我们的眼睛和皮肤，所以必須戴上面具来防护。

空气里有一种气体叫做臭氧的，它有吸收强烈紫外綫的特性，这就保护了动植物，使它們不致受紫外綫的危害，并且大大地調剂了空气的温度，使地面上不会热得使人受不了。所以空气里臭氧成分的改变，对于天气的冷热有很大的关系。近年来，气象学上很注意这种臭氧的探测，以便进一步掌握天气的变化。

3. X 射綫 1895 年，德国物理学家倫琴在研究阴极射綫的性质时，意外地发现了一种特別的射綫，当时就叫它为“X 射綫”，意思就是“不能明白的射綫”。现在我们虽然已經了解它的性质，但在习惯上仍旧称它为“X 射綫”，或者用发明者的名字命名，所以又称做“倫琴射綫”。

X 射綫与普通的可見光一样，是一种电磁波，不过它的波长要小得多，是在 0.05—20 埃之間。当高速度飞行的电子，冲击任何一种固体物質的时候，都能发生 X 射綫。在阴极放出的高速度的电子流，向阳极冲击而被阻擋后，便发生了 X 射綫。电子的运动速度不同，被冲击的物質不同，所发生的射綫的波长也跟着变化。电子的冲击速度愈大（即电压愈高），所发生的 X 射綫

的波长也愈短，它的穿透本领也愈大，因此我们可以利用不同的电压，得到我们所需要的各种波长的射线。波长长的叫做“软射线”，波长短的叫做“硬射线”。

X射线具有非常特殊的性质，就是它有极大的穿透能力。它能透过普通光线不能透过的物质，如树、肌肉。穿透的程度，一般地说来，物质的密度愈小，穿透的程度愈深，X射线的波长愈短，穿透力也愈大。因为当X射线穿透物体时，要受到不同程度的拦阻和吸收，这种拦阻和吸收的程度，要看物质的密度、厚度和X射线的性质(波长的长短)而决定的。

因为X射线的波长太短，我们的眼睛就不能看见它。不过X射线能够使照相的底片感光，能够引起一些化学物质发光，如硫化锌、硫化镉、氰化铂钨或者磷酸钙等。把X射线照射到这些物质上，它便能发出特殊的冷光，叫做荧光，这种物质叫做荧光物质。X射线的照射愈强，底片感光也愈强，发生荧光也愈亮，利用这一性质，我们就可以观察到X射线了。也就是说，这样就能使不能看见的X射线转变成为可见的射线。

X射线的用处很大，它被广泛地应用在医疗、工业和研究原子结构的科学工作上。

由于X射线对皮肤、肌肉、骨骼和金属的穿透程度不同，在荧光屏上显出明暗不同的光。因此我们就可以利用它作人体的透视，发现有机体中的各种病症，例如骨骼折断和裂开、生瘤、发炎、各种创伤等，医生就可以根据观察的结果正确地进行手术和治疗。

X射线在医疗上应用的范围很广，总的说来有诊断和治疗两方面。

(1) 诊断。X射线在诊断方面的应用，不外通过以下方式：(i)透视。例如胸部的疾病，如肺结核，肺炎和心脏病等，这

些病在沒有X射綫以前，医生只能凭敲敲听听，以及病人的症狀予以推測臆斷，始終看不見疾病的真面目，因此就难免有些是似而非。但是現在呢，只要把病人送到X射綫室，在几分鐘內便可清清楚楚地把真相弄明白。(ii)拍片。一些細微的病变，在透視下很难分辨，而且透視对于一个病变发展的前后很难对比，因为医生每次要透視許多病人，不可能都記得。因此有好些病变透視不能解決問題，必須攝片。例如一个孕妇的腹部很厚，如果我們要确定胎儿的位置，就必须用强烈的X射綫才能穿透过那很厚的腹部；又如泌尿道的結石，也必须用攝片才能診斷。(iii)特別檢查。上面所談的透視和攝片都較簡單而易行。但是有些器官和它周圍其他器官吸收X射綫的程度大致相等，因此它們的投影就沒法分辨，所以医院放射科的医生，往往还要应用造影剂(即X射綫不能透过的藥品)的对比或者采用特殊的技术，才能完成檢查的任务，这就是“特別檢查”。例如檢查胃潰瘍時須使病人吞服硫酸鋇溶液，因为硫酸鋇是X射綫所不能穿透过的，当它进入了胃內后，我們便能看到胃的形态和动作以及病理性的改变，并能确定潰瘍的所在部位。

(2) 治疗。X射綫在医学上的应用，除了上面所說的一些外，还广泛地用来治疗各种疾病，例如一些皮肤病，幼儿的血管瘤，小儿麻痺症和发癬等。这些病用葯物治疗无效，而用X射綫治疗确能收到良好的效果。

但是，长时间的照射X射綫，对人体是有伤害的，它能引起灼伤。如果受伤的地方发生严重的焦灼时，皮肤上就会出现很难治疗的創伤。平常人体透視只是短时间的照射，并不会引起伤害。

此外，还可用X射綫来分析矿石、合金或其他物質的成分，以便探查晶体的結構和确定物質內部的构造秘密。

十一 我国古代在光学上的成就

祖国在光学方面的成就是巨大的。早在二千多年前的春秋战国时代，墨子对光的直线进行、小孔成象、平面鏡的反射以及凹面鏡的性質等等已有很精辟的見解。在西汉末年（大約公元79—139年），張衡又发现日月食和月的盈亏的初步原理。到北宋沈括集前人之大成，無論在光的直进、凹鏡取火、月的盈亏、日月食和彩虹等方面都有过进一步的見解。

1. “墨經”中的光学知識 “墨經”是我国古代一部輝煌的科学經典著作。它是什么时代的作品，什么人写的，說法很多。“墨經”現在收集在墨子全书中，它是全书五十三篇中的一部分；“墨經”分“經上”、“經下”、“經說上”和“經說下”四篇。“經上”各条是定义，“經下”各条是定律，而“經說上”和“經說下”就逐条解釋“經上”和“經下”的文字。因为都是定义和定律等，所以写得非常簡洁而涵义深刻。这是我国古代极为丰富的光学和力学方面的知識。其中最完整最有价值的就是光学。光学有八条，依照科学的次序排列着，每条都是观察与实验的記錄。

第一条是說明影生成的道理。“經下”中說：“景不徒，說在改为。”“經說下”中說：“光至，景亡。若在，尽古息。”意思就是說：光所照到的地方，沒有影子。如果有影子，那是因为影子所在的地方沒有照到光；如果光源，物体与屏幕相对位置永久不变动，那么屏幕上的影子也就永久不变动。

第二条是說明光源和影子的关系。“經下”中說：“住景二，說在重。”“經說下”中說：“景二，光夹；一，光一。光者，景也。”意思

就是說，光源有两个，影子也有两个；光源有一个，影子也就只有一个。

第三条是說明光的直綫进行的針孔照相匣的實驗（小孔成象的實驗）。“經下”中說：“景到，在午有端；与景长，說在端。”“經說下”中說：“景光之人煦若射。下者之人也高，高者之人也下。足蔽下光，故成景于上；首蔽上光，故成景于下。景摩在远近，有端与于光，故景摩內也。”“經”的意思說：小孔的象所以会上下顛倒，因为光綫穿过小孔而成光束的緣故。“經說”解釋說：光綫就好比射出的箭那样；因为从下面照到人身上的象在远处，反之从高处照到人身上的象在下面（图54）。針孔照相匣的實驗，

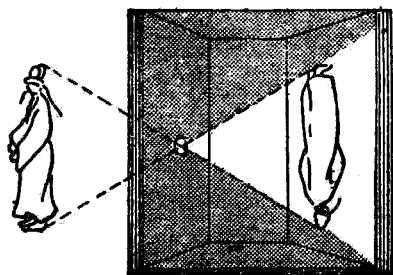


图54 墨翟的實驗

是証明光直綫进行的最好方法之一。光直綫进行的原理，是光学最基本的原理之一。西方最早的光学要算欧几里德的“光学”，他是公元前300年左右的人，約比墨子迟一百多年。所以我們可以說，墨子是第一个发现光直綫进行的人。

第四条是說明光有反射的特性。“經下”中說：“景迎日，說在搏。”意思是說：对太阳放着一面鏡子，在鏡前站着一个人，那么人的影子就会在向着太阳的那一边。“經說下”中說：“日之光反烛人，則景在日与人之間。”这是进一步的解釋，意思就說：人站在太阳与鏡子的中間，太阳光从鏡子反射到人身上，那么人影子就在太阳和人的中間(图55)。

第五条是論述从物体和光源地位的关系确定影子的大小。“經下”中說：“景之大小，說在地击远近。”意思是說：木桿投在地

上的影子的大小，决定于木桿与光綫斜交或正交和离开光源的远近。

“經說下”中說：“木掩，景短大；木正，景长小。大小于木，則景大于木；非独小也；远近。”这是进一步解釋，意思是說：木桿与光綫斜交，影子就短而深；木桿与光綫正交，影子就长而淡。

如果影子投在墙上，光源比木桿小，影子就比木桿大；光源比木桿大，影子就比木桿小；木桿离开光源远些，影子就短些深些，木桿离开光源近些，影子就长些淡些。

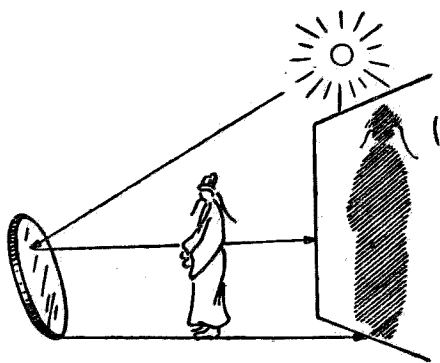


图55 經過鏡子反射的光綫把站在鏡子面前的人的影子照在屏幕上

第六条是說明物体与平面鏡中象的关系。“經下”中說：“临鑑而立，景到。多而若小，說在寡区。”意思是說：把平面鏡平放，人站在鏡边向下看，鏡中的象是倒立的(这好象人站在河边，看見水里的人影子倒立的道理一样)。“經說下”中說：“正鑑，景寡，貌能白黑、远近、掩正，異于光。鑑景，当俱就，去亦当俱，俱用北。鑑者之臬，于鑑无所不鑑，景之臬无数，而必过正，故同处其体，俱然鑑分。”意思是說：平面鏡只有一个不变的象，这象的形状、顏色、斜直程度，都跟影子不一样。人走近鏡子，象也走近鏡子；人离开鏡子，象也离开鏡子，人与象的方向老是相反。

第七条是說明凹面鏡反射現象。“經下”中說：“景一小而易，一大而丑，說在中之外內。”意思是說：照鏡子(凹面鏡)的人在凹面鏡的“中”点之外，他所看見自己的象是倒象，比人小；照鏡子

的人在“中”点之内，他所看见自己的象是正象，比人大。“經說下”中說：“鑒中之內：鑒者近中，則所鑒大，景亦大；远中，則所鑒小，景亦小，而必正，起于中緣正而长其直也。中之外：鑒者近中，則所鑒大，景亦大，远中，則所鑒小，景亦小，而必易，合于中而长其直也。”意思是說：人站在“中”点之内，他所看见自己的象总是正立的，他从“中”点向鏡面移动；离“中”点愈近象愈大，离“中”点愈远象愈小；人在“中”点之外呢，他所看见自己的象总是倒立的，从“中”点向外移，离“中”点愈近象愈大，离“中”点愈远象愈小。这里所說的“中”点是指凹面鏡的焦点。

第八条是說明凸面鏡反射現象。“經下”中說“鑒团，景一。”意思是說：凸面鏡只有一种象。是什么样的象呢？“經說下”中解釋說：“鑒者近中，則所鑒大，景亦大；远中，則所鑒小，景亦小。”意思是說：照鏡子（凸面鏡的）离开凸面鏡近些，他的象就大些；离开凸面鏡远些，他的象就小些。

这八条完整而有条理地叙述了光学的基本知識。字数虽不滿一千，然而却是首尾具备。确实算得上二千多年前世界上光輝的光学著作。

2. “考工記”、“淮南子”等古书中的光学知識 我們知道，凹面鏡对着太阳，当太阳光經鏡子反射聚于一点后，如果把容易着火的东西放在这点上，就可能着火，这一点叫做焦点。公元前四世紀，在我国一部最早記載古代工艺的“考工記”上就有凹面鏡取火的記載。曾有“金銅半謂之鑒燧之齐”這句話，“鑒”、“燧”是鏡子，“齐”是合金。原意是鏡子是由金銅各一半的合金制成的；“燧”字原意是取火的工具，把凹鏡叫做“燧”，这說明那时已經利用凹鏡做取火的工具了。公元前二世紀（西汉）的“淮南子”上有更詳細的記載。在它的“天文訓”一篇中說：“阳燧見日而然（燃）为火”。这里“阳燧”就是凹面鏡，因它向着太阳能取火，所以

叫做“阳燧”；又因为当时的阳燧是用金属制成的，所以又叫做“金燧”。

比“淮南子”更迟的书如“论衡”(公元一世纪作品)和“艺文类聚”(公元七世纪作品)等书，也有关于凹面镜向日取火的记载。“艺文类聚”说得更详细，曾提到当太阳离地三四丈高时，凹面镜对着太阳，再把烘干的艾放在离开镜面一寸多远的地方，一会儿艾变焦了，对着它吹就得到烈火。这里对凹面镜的形状、向日取火的时间与经过情况，特别是焦距大小都有了记载。

明代方以智著的“物理小说”的“究中取火条”一文中提到“尔雅”(中国古代的词典，汉代作品)和晋张华著的“博物志”(公元三世纪作品)记载了削冰成凸面镜取火的事情。可见我国在公元三世纪已经知道利用透镜向日取火了。

3. “梦溪笔谈”中的光学知识 “梦溪笔谈”的作者沈括(1032—1096)是北宋时候一位卓越的科学家，他在这本书里记录了許多自然科学及其他方面的知识。书中包括的范围极广，关于自然科学的有数学、物理学(光学、声学 and 电磁学)、天文、气象、工业技术、地质……等等知识，内容大多是观察与实验的忠实记录，是一部极有价值的著作。

在沈括的“梦溪笔谈”中有对光的直线进行和球面镜的记载。同时，对光线进行和凹面镜成象有更进一步的解释。此外，“梦溪笔谈”更详细地论述到镜子大小与它的曲度的关系。至于月的盈亏与日月食以及虹，在沈括的“梦溪笔谈”中也有较详细的记载。

统一书号：7150·709

定 价：0.30 元