

60个为什么

——光学、红外、夜视技术问答——

中国人民解放军军事学院训练部

一九八二年二月

说 明

为满足学员同志们课外阅读的需要，我们编写了这份参考材料，它以问答的形式陈述了如下三个方面的内容：

1、综述以往教学过程中学员同志们曾经提到过的主要问题；

2、对教材内容作局部加深。侧重面是光学、红外和夜视技术的基本原理；

3、对教材内容作适当加宽。侧重面是红外、夜视技术在军事上的应用以及夜视对抗手段。

题号前加*者，是我们推荐的重点阅读内容。

由于资料缺乏和我们水平有限，可能存在错误，欢迎同志们指正。

目 录

1、物体为什么会有颜色?	1
2、黄色和蓝色混合, 为什么会变成绿色?	1
3、探照灯为什么照的远?	2
* 4、具备什么条件才会发生光的全反射?	2
5、为什么用红色做危险信号色?	2
6、对着镜子为什么能看到自己?	3
* 7、什么叫做“像”? 什么叫“实像”和“虚像”?	4
8、什么叫“焦度”和“屈光度”?	4
9、底片为什么能用来“照像”?	5
10、照相机的光圈和快门起什么作用?	5
11、照像时为什么要“对光”?	6
* 12、凸透镜的口径对成像质量有什么影响?	7
13、精密光学仪器的镜头为什么是一个透镜组? 只用一块凸透镜行不行?	7
14、什么叫“绝对温度”? 地球上能获得的最低 温度是多少?	8
15、物体辐射红外线的多少如何估算?	8
16、物体辐射红外线的波长如何估算?	9
17、温度相同的两个物体辐射红外线一样多吗?	10
18、什么是发光二极管?	11
19、什么是电子透镜?	11

20、什么是视场角？	11
21、什么是视角？	12
22、什么叫光学仪器的放大率？	12
*23、光学仪器的放大率和焦距有什么关系？	13
24、什么叫“对比度”？	14
25、什么叫夜视仪器的作用距离？	14
26、主动、半主（被）动和全被动的工作方式， 三者有什么区别？	15
27、几种主要夜视仪器各工作在哪些波段范围？	15
*28、微光夜视仪的作用距离为什么和照度有关？	16
*29、微光夜视仪在强光下为什么不能正常观察？	16
30、为什么主动式红外夜视仪在自然照度较高的 环境中，观察效果反而不好？	17
*31、第二代微光夜视仪能取代第一代吗？	17
*32、为什么苏军T—72坦克夜间驾驶仪左眼为微 光，右眼为红外？	17
33、各种不同波长的电磁波，它们之间有什么差 别？	18
34、微光管可以不用光学纤维面板吗？	18
35、微光电视整置主要由哪几部分组成？各有什 么作用？	19
36、什么叫炮射电视？	19
37、红外探照灯为什么要用滤光片？能否不用？	20
*38、什么是红外望远镜？	20
39、什么是反红外望远镜？	20

40、什么是遥感技术？	21
41、空间遥感器是怎样工作的？	21
42、空间遥感器有哪几种类型？	22
43、什么是可见光遥感器？	22
*44、什么是红外遥感器？它有什么特殊功能？	22
45、什么是多光谱遥感？	23
46、侦察卫星上的红外相机是不是用的红外胶卷？	23
47、侦察卫星上安装的是什么样的红外相机？	24
48、红外胶卷与普通胶卷有什么不同？用红外胶 卷能对哪些目标拍照？	24
49、有没有对中、远红外敏感的红外胶卷？为什 么？	24
50、热象仪中为什么不用银氧铯光电阴极进行光 电转换？	25
51、红外探测器是怎样工作的？	25
52、热象仪为什么要扫描？	26
53、什么叫热定位仪？	27
54、什么叫做红外前视系统？	27
55、热象仪和微光夜视仪那种好？	28
*56、红外技术在军事上有哪些用途？	28
*57、目前的军用红外技术已经发展到了什么水平？	29
*58、有哪些办法可以对付敌人的夜视器材？	30
59、目前一些比较发达的国家都有哪些夜视装 备？其性能如何？	33
60、夜视技术有什么新的发展动向？	34

1、物体为什么会有颜色？

通过光的色散原理，初步揭示了颜色的由来，所谓颜色就是—定波长的光波射入人的眼睛引起的一种视觉。

物体的颜色是怎样决定的呢？我们可以让白光色散以后的光谱带投射在一张红纸上，纸上就只有光谱中红色所处的部位是光亮的，其它部位都是阴暗的，这表明白光中除了红光以外，其它各种色光都被红色纸面吸收了；如果换一张绿纸，则纸上只有光谱中绿光所处的部位是光亮的，其它部位都是阴暗的，这也表明，除绿光以外，其它色光均被绿纸吸收；如果换一张黑纸光谱投射上去，纸面上几乎全是阴暗的。这说明物体反射的主要是跟物体表面同一种颜色的色光，其它波长的色光几乎都被物体的表面所吸收，所以物体的颜色是由它所能反射出的色光决定的。物体的表面如果能把白光中所有的色光几乎全部地吸收掉，这就是黑色物体；如果能把各种色光几乎全部地反射出来，这就是白色物体。

以上谈的是不透明物体的颜色。如果是透明体，则它的颜色由能透过它的色光决定。

2、黄色和蓝色混合，为什么会变成绿色？

黄色和蓝色混合会变成绿色，这是调色的常识，但怎样用光的反射和吸收的理论加以解释呢？

原来，每一种颜料除了反射跟它本身颜色相同的光以外，还反射一些跟这种颜色相近的色光。例如：黄颜料除了主要反射黄光以外，还反射一些邻近的绿光和橙光；蓝颜料除了主要反射蓝光以外，还反射一些邻近的绿光和靛光。如果把蓝颜料和黄颜料同时涂

在一处，在白光照射下，它们都能吸收其中的红光和紫光，剩下的橙光、黄光被蓝颜料吸收，蓝光和靛光被黄颜料吸收，唯一能够被反射出来的就只有绿光。所以黄蓝两种颜料混合在一起就成了绿颜料，即反射绿光，呈绿的颜色。

3、探照灯为什么照的远？

探照灯照的远主要有两个原因。第一，它有高炽热电弧灯或白炽灯一类的强光源。第二，它有一个特制的反射镜，能将光源发出的光平行地反射出去，即向空间射出平行光束，能量比较集中，故照射距离较远，一般为10—20公里。在军事上，探照灯可用来搜索以及照射空中、地面和水上目标。

4、具备什么条件才会发生光的全反射？

光要发生全反射必须满足两个条件：第一，光的传播必须是从光密媒质到光疏媒质。因为只有满足这个条件时，折射角才有可能大于入射角。第二，入射角必须大于临界角。

全反射广泛应用于光学系统中。如在潜望镜中用棱镜的全反射改变光的传播方向；在棱镜双目望远镜中利用棱镜的全反射使倒象变为正象。

5、为什么用红色做危险信号色？

红光在可见光中波长最长（大致在0.77微米到0.62微米的范围）。理论上已经证明散射光的强度与波长的四次方成反比。即波长越长，越不容易散射；波长越短，散射越甚。据计算，红光的散射能力为蓝光的十分之一，其它色光的散射能力也都较红光为强。

由于红光在雨、雾等恶劣的天候条件下也能传播较远的距离，所以用它表示危险信号。

6、对着镜子为什么能看到自己？

日常生活用的镜子，其反射面为平面，称为平面镜。人对着镜子为什么能看见自己或其它物体的象呢；下面用图 1 说明。

在镜的前面放一支点燃的蜡烛，从蜡烛火焰射到镜面上的光线，要发生反射，反射后的光路可根据反射定律求出。例如，从S点发出的光线SO跟镜面是垂直的，所以反射光和入射光相重合SA，

SB以一定的角度射向镜面，它们的反射光AC和BD也以同样角度离开镜面，这一束光射入眼里，看上去就好像它们是从镜后S'点发出来的一样，我们就把S'叫做S的像。从图中可以看出：射到眼里来的这束光线，并不是真的从S'发出的，它只是AC和BD等光线的延长线的交点，镜子后面也并不存在这样一个实际的光点（用一个光屏放在S'处也不会有象在屏上映现出来），我们把具有这种性质的象叫做虚象。仿此，我们还可以得出蜡烛其它各点在镜后相应地方所形成的虚象，这些象点组合在一起，就形成了跟蜡烛完全相似的虚象。

如果把蜡烛移开，自己站在镜前，那么和上面的道理一样，通过镜面也可以看到自己的像。

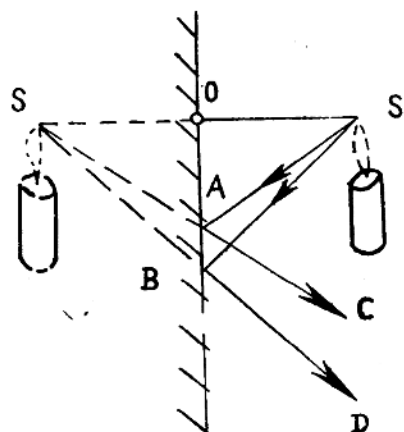


图 (1)

7、什么叫做“像”？什么叫“实像”和“虚像”？

像——从物体发出的光线经光具组（如反射镜、透镜、棱镜或它们的组合）后所形成的与原物相似的图景。

实像——物体发出的光线经光具组反射或折射后，重新汇聚而形成的与原物相似的图景，叫做实像。由于实像是由实际光线汇聚而成的，所以它能使底片感光。

虚像——物体发出的光线经光具组反射或折射后，如不能汇聚成像，但它们反方向的延长线（虚光线）可以相交成像，则把它称为“虚像”。虚像不能使照相底片感光，但可用人眼观察。在放大镜、显微镜、望远镜等光学仪器中观察到的像都是虚像。

8、什么叫“焦度”和“屈光度”？

透镜有使光线会聚的作用，焦距不同，会聚的能力也不相同。同样一束光线射向透镜，焦距短的透镜使光线偏折的程度大，会聚作用就明显。我们用焦距（ f ）的倒数（ $1/f$ ）来表示透镜折光本领的大小，并把它叫做透镜的焦度，用 D 来表示，即：

$$D = \frac{1}{f}$$

单位是屈光度。且规定：当焦距 $f = 1$ 米时，焦度 $D = 1$ 屈光度。

眼镜的镜片也是透镜，它的折光本领也用焦度来表示，我们平时所说眼镜的度数，是比屈光度更小的焦度单位，1屈光度=100度。若眼镜度数为200度，则其焦距就是0.5米。

9、底片为什么能用来“照像”？

感光片（俗称底片、胶卷）上涂有感光药剂——溴化银，当它受到光的照射时，立即发生化学反应，叫做感光。由于物体各部位对光的反射程度不同，所以照在底片上就会使照射强的部位感光强；照射弱的部位感光弱。这样就把物体的象记录在底片上了。

10、照像机的光圈和快门起什么作用？

在照相机的镜头后面或者在透镜组中间有一个由若干片鱼鳞状金属薄片围成的小圆孔。其大小可以由人工来控制，这就是“光圈”。摄影时，物像所反射的光线要通过光圈才能射到底片上，所以改变光圈的大小就可以控制入射光线的多少，从而使底片的感光程度适中，以获得清晰的图像。光圈大，进入照相机的光线就多，底片的感光度就强。所以在室外强光下摄影时要使用较小的光圈。（注意：照相机镜头外面的光圈刻度，数值大对应的光圈小。）

快门是安放在光圈近旁的一个机械装置，由于它可以迅速开启和关闭，所以叫做“快门”。摄影时，物像反射的光线不仅要通过光圈，还要通过快门才能射到底片上。所以，控制快门开启时间（曝光时间）的长短也可以控制底片的感光程度。平时，为了不让底片“跑光”，快门是关闭的。当对好光之后，按下快门按键，快门迅速开启又合拢，在这一段时间内，光线就进入暗箱，使底片感光。由于快门和光圈同时控制进入镜头光线的多少，所以在摄影时，曝光时间和光圈的大小要很好地搭配，才能使图像清晰。

11、照像时为什么要“对光”？

去照相馆照像时，摄影师常常要推动相机以调整镜头到我们之间的距离，或者改变暗箱的长度，进行“对光”。这是为什么呢？为了回答这个问题，首先介绍两个名词。

物距：被摄物体（或者人）到镜头光心之间的距离；

像距：成像面（在照相机中就是底片位置）到镜头光心之间的距离。

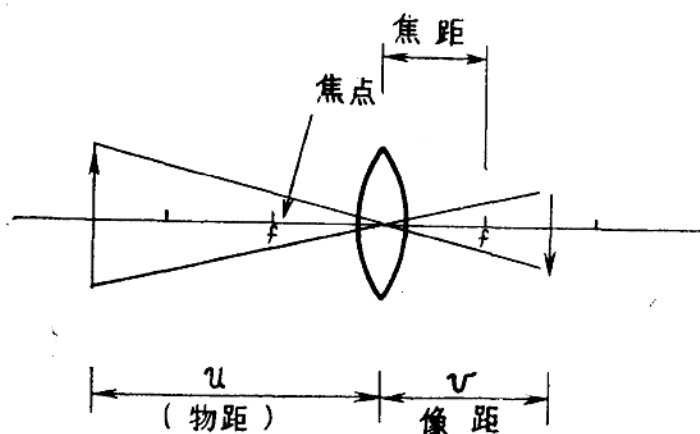


图 (2)

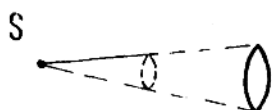
由图 2 可见，当物距一定时，由于镜头的焦距 (f) 是固定的，所以像的大小和像距也就随之确定。此时只有把底片置于“像”的位置上感光，才有可能获得清晰的照片。显而易见，物体、底片到镜头的距离，镜头焦距的长短，决定着像的大小和清晰度。

利用图 2 可以证明，在照片令人满意时物距 (u)、像距 (v) 和焦距 (f) 三者正好存在以下关系：

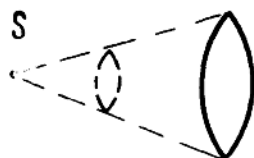
$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

照像时，必须使物距、像距、焦距满足这一关系式，否则照出来的像就不会清晰。因此，可以改变焦距（旋转镜头），或者改变象距（暗箱长度），也可以改变物距（移动目标）。所谓对光，就是这种调节的具体过程。

*12、凸透镜的口径对成像质量有什么影响？



图（3）



图（4）

在这两个图中，光点相对凸透镜的距离相同，两块凸透镜的焦距也相同，但口径大（即直径大）的凸透镜能接收到更多的光线，所以聚焦后所成的像就会比较亮。由此可断定：当两部仪器其它条件都相同时，镜头口径大的成像清晰。这也就是大镜头的仪器观察距离比较远的原因。

13、精密光学仪器的镜头为什么是一个透镜组？只用一块凸透镜行不行？

从原理上讲，用一块凸透镜做物镜，就可构成光学仪器的镜头。但一方面由于目前工艺水平和材料质量的限制，使得单块凸透镜的成像质量较差；另一方面由于凸透镜对入射光中不同的波长成份折射程度不一样，因而使得像和目标出现了差别（称为像差）。为保证成像质量，需要用几片透镜构成镜头，来弥补单块凸透镜的像差。从而把像差减小到能满足使用要求。透镜组的作用仍然是成像，它们相当于一块高级凸透镜。

14、什么叫“绝对温度”？地球上能获得的最低温度是多少？

绝对温度是以摄氏零下273.16度（记为 -273.16°C 。为方便计，一般都省略小数，即取为 -273°C ）为零度的一种表示物体冷热程度的物理量，符号是T，单位是开耳芬（用符号K表示）。今后凡看到 $T^{\circ}\text{K}$ （或TK），就是表示绝对温度是多少度。绝对温度相差一度时，摄氏温度也相差一度。

为什么规定摄氏零下273°为绝对零度呢？本世纪初叶，在热力学的研究中，理论和实践都证明摄氏零下273°是一个低得不能再低的温度。人工致冷只能无限地接近这个温度，但是永远也不能达到，因此把它规定为绝对零度。很明显，当用绝对温度来表示冷热时，就没有零下多少度的概念。

将摄氏温度化为绝对温度时，只要在数值上加上273就可以了。例如人的体温是 37°C ，化为绝对温度就是 $273^{\circ} + 37^{\circ} = 310^{\circ}\text{K}$ （或记为310K）；某坦克停于冰天雪地中，温度为 -30°C ，若化为绝对温度，则 $T = 273^{\circ} + (-30^{\circ}) = 273^{\circ} - 30^{\circ} = 243^{\circ}\text{K}$ 。

当前，采用人工致冷的方法可以达到 0.000001°K 。在茫茫无际的宇宙空间，有许多地方是接近绝对零度的。地球上南极洲最低温度曾到过摄氏零下88°左右。

15、物体辐射红外线的多少如何估算？

物体辐射红外线的多少，可利用普朗克公式计算，但十分繁琐。当物体没有可见光发出时，其辐射红外线的总能量可用斯忒藩——波耳兹曼定律近似求得：

$$E = \varepsilon \sigma T^4$$

式中：E是物体单位面积在单位时间内发出的（包括全部波长范围的）热辐射总能量，单位是瓦特。

$\sigma = 5.672 \times 10^{-12}$ ，叫做斯忒藩常数。

T是物体的绝对温度。

ε 是物体的辐射系数。

上式表明，物体单位面积上在单位时间内辐射出的总能量，与物体的绝对温度T的四次方成正比。可见物体温度稍有增加时，其辐射能力将大大增加。还可以看出，当物体温度为绝对零度时，则 $E = \varepsilon \sigma T^4 = \varepsilon \times 5.67 \times 10^{-12} \times 0^4 = 0$ ，即此时没有辐射。当然，自然界也好，人工的方法也好，都不能冷到绝对零度，所以我们周围的任何物体都是红外线的辐射源。

16、物体辐射红外线的波长如何计算？

物体辐射红外线的波长，准确计算很困难，一般都采用维恩移定律进行近似计算：

$$\lambda_m = \frac{3000}{T^{\circ}\text{K}}$$

式中：T°K表示物体的绝对温度；

λ_m 是含能量最大的波长，单位是微米。任何物体都不是只辐射单一波长的红外线，而是包含很多种波长，在电磁波谱上形成一个波段范围（频带）。并且各种波长的红外线能量大小不等，其中能量最大的辐射波长就是通过上式计算出来的数值。在最大值两旁，能量越来越小，如图5所示。

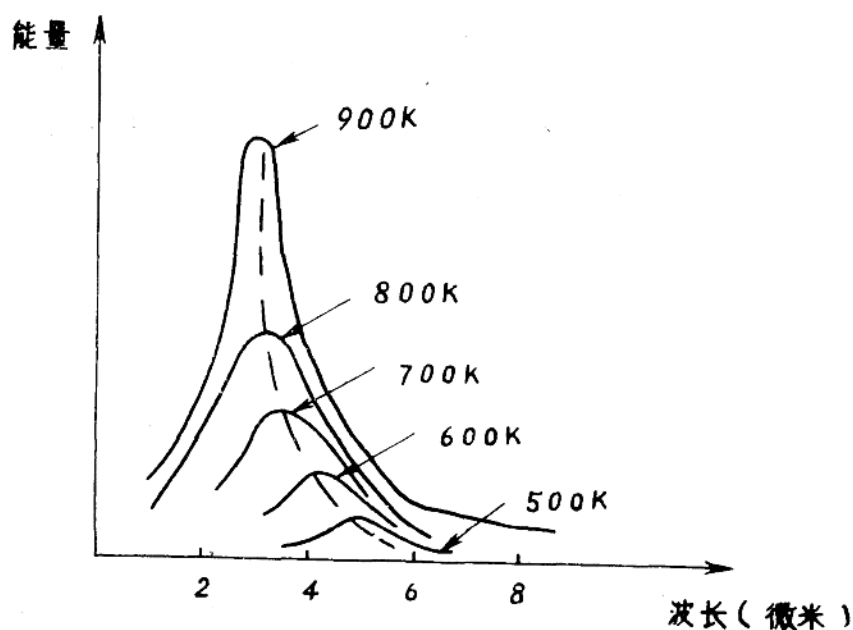


图 (5)

例如人的体温平均为 37°C ，折合绝对温度为 310K ，代入公式可求得 $\lambda_m \approx 10$ 微米。这就是说，在人体辐射的许多种波长的红外线中，能量最大的是波长为10微米的红外线。

17、温度相同的两个物体辐射红外线一样多吗？

甲物体与乙物体温度相同，说明它们辐射红外线的成份相同。若甲与乙物体的质地、表面情况相同，则它们单位面积辐射的红外线能量也必然相同。如果甲与乙物体的温度、质地、表面情况完全相同，那么，它们向四周辐射红外线的总能量就取决于它们的体积：体积大的，本身所带能量多，辐射红外线就多；体积小的，本身所带能量少，辐射也就少。由此不难看出，只有甲与乙毫无差别时，它们辐射红外线的情形才完全一样。

18、什么是发光二极管？

发光二极管是一种在外加正向电压作用下可以发光的二极管。它有很多类型，有的发可见光，有的发红外光……。它的特点是工作电压低、体积小、寿命长、惰性小，是进行电光转换的重要元件，常用于热象仪中。

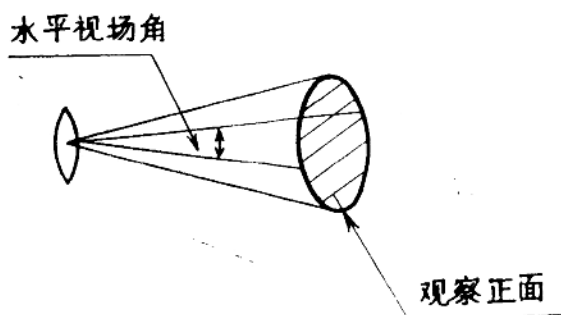
19、什么是电子透镜？

能使电子射线汇聚成像的电磁系统称作电子透镜。它的作用与能使光线汇聚成像的光学透镜相似，但其汇聚作用是通过电磁系统所产生的电磁场来完成的。电子透镜有磁透镜和静电透镜两种，其性能可用和光学透镜类似的参量（如焦距）来描述。

变象管和象增强器中的电子透镜是静电透镜，它由阳极和阴极所产生的静电场来使电子射线聚焦成像。

20、什么是视场角？

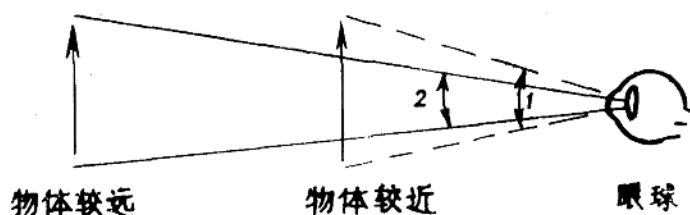
视场角简称视场或视野，亦即用立体角来表示的视场范围，其数值等于观察正面对人眼或光学仪器物镜中心的张角，如图（6）所示。显然，视场角越大，观察范围也越大。



图（6）

21、什么是视角？

视角是指物体对人眼的张角。尺寸大的物体张角也大，所以看的比较清楚。同一个物体，当放置距离我们较近时，由于张角大，所以就看的比较清楚，如将物体移远，则由于距离增大而使得视角减小（如图7，图中的角1大于角2），看上去就比较模糊。当视角减小到小于 $1'$ 时，物体就看不到了。通常我们说人眼的最高分辨力为 $1'$ ，就是这个意思。它大体上就是：最好的视力只能看清100米远处3公分大小的物体。



图（7）

22、什么叫光学仪器的放大率？

我们都知道借助光学仪器（如放大镜）可以看清远处的物体。其实质就是将物体的象放大，从而增大视角。仪器的放大率通常用视角增大的倍数来表示，即：

$$m = \frac{b}{a}$$

式中： a 表示不用光学仪器时物体对人眼所张的视角；

b 表示用光学仪器放大后，虚象对人眼所张的视角；

m 表示仪器的视角放大倍数，即放大率。