

矿物的光澤、顏色、條痕和透明度

王 炳 章 著

地质出版社

矿物的光澤、顏色、條痕和透明度

王 炳 章 著

地 質 出 版 社

1957·北京

08795

矿物的光澤、顏色、條痕和透明度

著 者	王 炳 章
出 版 者	地 質 出 版 社
	北京宣武門外永光寺西街3号
	北京市書刊出版業營業許可証出字第050号
發 行 者	新 華 書 店
印 刷 者	地 質 印 刷 厂
	北京廣安門內教子胡同甲32号

編輯: 吳樹仁 技術編輯: 湯 健 校對: 馬志正
印數(京)1—2,500册 1957年6月北京第1版
開本31"×43" 1/25 1957年6月第1次印刷
字數28,000字 印張1 7/25
定價(10) 0.20元

前 言

这四節文字——“礦物的光澤、顏色、条痕和透明度”原是作者在兩年前按照教學大綱所寫的“普通礦物学”的“第三章——礦物的物理性”的一部分，所以在广度、深度方面，尤其是和結晶学同光性礦物学的前后关系方面保持着一定的分野；所以不是論文的体裁、格度、語气，尤其是在大小字体的編排法和前后節段間的呼应上。

在这几節的内容方面并没有我个人創造出來的理論，只是我个人的实际經驗和曾在實習室里对学生們所作过的講解的彙編。这些内容或能在礦物标本面前起一些作用。

四節之后的一小段是为了使青年同志們知道我國祖先們对于礦物的这几种性質的認識并不晚于國外的学者（即使說“山海經”的“五藏山經”部分是春秋时代的地理志兼礦產志，这在有关礦物的文字記述方面已經是較早于公元前三、四世紀中的希臘学者的工作了）。

讀者同志的任何指教都是作者所欢迎的。

北京地質勘探学院王炳章

1957年5月

目 錄

礦物物理性質的总的概念	5
礦物的光学性質	6
礦物的光澤	6
礦物的顏色	11
礦物的条痕色	22
礦物的透明度	28

礦物物理性質的总的概念

礦物的物理性質总括地反映着它的化学成分和内部構造。因此，礦物的物理性質是它的整体的性質，既不同于組成它的某一成員的性質，又不等于各該成員的性質的总和；礦物的种別既不完全决定于它的化学成分（因同質而可多象），又不完全决定于它的構造类型（因異質而可同構）；各种礦物有各該种的独特性——物理常数，各类礦物有各該类的共同性。

虽然在結晶学里我們已經知道了食鹽（岩鹽）的化学成分和内部構造，但在这里必須強調指出它的物理性質是既不同于Na的，又不同于Cl的，也不等于这两种元素的性質的总和。这就是說，它（ $\text{Na}_4^{1+}\text{Cl}_4^{1-}$ ）的物理性質是不可分离的整体的了。

每一种的物理性，除有它自己的独特性外，还有和它种礦物的共同性。例如方解石——三方的 $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ ，它自己的独特性是比重 $=2.714$ ， $N_o=1.65849$ ， $N_e=1.48625$ ；因为类質同象和異質同構关系而它和他种礦物——三方的 $\text{Mg}[\text{CO}_3]$ 、 $\text{Mn}[\text{CO}_3]$ 、 $\text{Fe}[\text{CO}_3]$ 、 $\text{Zn}[\text{CO}_3]$ 以及 $\text{Na}[\text{NO}_3]$ 的共同性是解理方式和光学符号；因为同質多象和类質異構关系而它和他种礦物——斜方的 $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ 、 $\text{Ba}[\text{CO}_3]$ 、 $\text{Sr}[\text{CO}_3]$ 以及 $\text{Pb}[\text{CO}_3]$ 的共同性是顏色和光学符号；因 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 所需要的条件关系而它和所有无水碳酸鹽礦物的共同性是玻璃光澤、无色、透明、較低的硬度（3—5）和很高的双折射率（0.15—0.24）。象这样的有关物理性的縱橫关系是存在于所有礦物的种与种間和类与类間的。其所以如此还是由于礦物的化学成分和内部構造。

不同种礦物的物理性并不是样样都不同，这已經以方解石为例說明在前一段里了。同一种礦物的多个标本所表現的物理性也不是样样都相同，这因为各該标本的成因和既成之后的遭遇都可能不同。因此，学者必須在本書各節的理論方面有所掌握，才不致于在鑑定礦物的种別时忽略了它的独特性，在鑑定礦物的歷史时却只注意到它的一般性。

礦物的物理性質，不僅可以应用在礦物种別的鑑定上、礦物成因

和变化的論証上，而且可以用在許多礦物的製造上。

礦物的光學性質

除盲人外，對於礦物所直觀直覺的認識便是它的光學性質。所謂“光耀奪目”的、“五色繽紛”的、“晶瑩透澈”的，用在礦物學里，這就是礦物的光澤、顏色和透明度。這也就是本書所包括的內容和講述的次序。

這几种性質的表現並不是孤立的；這几种現象的產生也都有相互的關係。籠括在這三个名詞之內的現象雖有多种多样，但產生這些現象的主要原因却不外乎光的折射、反射和吸收。當然，因重複的折射而致的色散，因吸收或反射或折射或反射與折射而致的極化（偏振）作用，因極化光在同一振動平面所起的干涉現象，雙折射現象，散射和衍射等現象也都存在於我們的肉眼觀察中。因為我們的任務是講肉眼所見的礦物的光學現象的，所以不談顯微鏡下的那些現象；至於理論方面的要求，在這裡也是有一定限度的。

礦物的光澤

銀、冰、雪、纖維石膏和高嶺土的顏色雖盡相同，但在同樣環境內（同在明朗處或同在陰暗處）來比較看看它們的光亮程度和情況却各不相同。我們說，這就是它們的光澤不同。一種礦物的光澤是它的反射率的表現，是它的平面上的反射光量和入射光量的百分比。

在這裡，和在別處一樣，必須注意“率”字和“量”字的不同意義。如果我們用 W_0 代表入射光量，用 W_1 代表反射光量，則 W_1/W_0 就是反射率—— R 。一種礦物的 R 值有一定，但因 W_0 可有大小的不同， W_1 就按比例地有了大小的不同，我們看到的光亮程度也就跟着有了大小的不同。使 W_0 有大小不同的是入射光源的種別（太陽光的或各種燈光的直射綫或漫反射綫）和送給我們反射綫的那一個接受入射綫的平面面積。因此，按光亮程度——反射光量來說光澤的強弱時，必須聯想到入射光量和反射面的有效面積。知道了這一個關鍵所在，我們就不会信手取來一塊礦物就看它的光澤，我們就不会說冰塊和雪花的反射率不同，我們就不会在陰暗處看過了銀再到明朗處看過了冰之後說冰的光澤較

強于銀的光澤。从根本上說，一種礦物的光澤是它的反射平面上的反射率的表現，不是該平面上的反射光量的表現。一種礦物的反射率為什麼有一定呢？這是關聯着它的折射率和吸收率的。

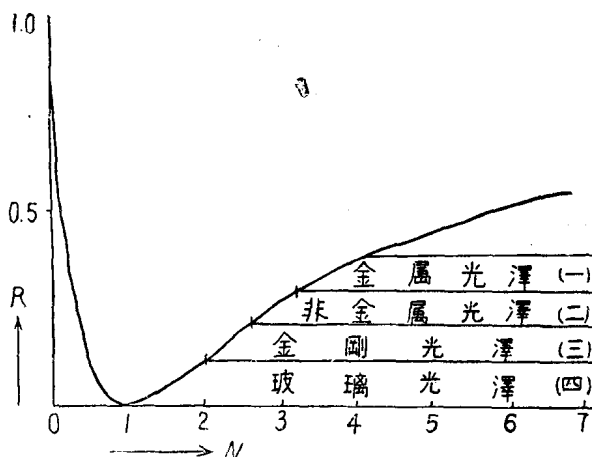
因為光的電磁波從空氣里抵達（入射）礦物表面後，它便部分地折射到礦物里去，部分地反射（稍晚于折射）回來，而折射部分的或大或小取決于折射進去的或難或易，取決于礦物質點（帶電粒子）指使入射光波（位相速度慣以 V_1 代表）改為折射光波（位相速度慣以 V_2 代表）時變換位相速度的或難（如 V_2 變得過小於或過大於 V_1 ）或易（如 V_2 變得不多而仍近於 V_1 ），所以反射部分的或大或小也取決于 V_2 和 V_1 的差別。因此，礦物表面的反射率（以 R 代表）和礦物的折射率—— $N=V_1/V_2$ 之間存在着這樣的關係：

$$R = \left(\frac{N-1}{N+1} \right)^2 \quad \text{見附圖。}$$

若光波由空氣里（位相速 $V_1=1$ ）折射入礦物（位相速以 V_2 代表），而 V_2 改為 $\frac{V_1}{1.5}$ ，即最易，於是 $N=1.5$ ，而 $R=\frac{1}{25}$ ，即 $R\%=4$ } 現第四級光澤
 V_2 改為 $\frac{V_1}{2.0}$ ，即尚易，於是 $N=2.0$ ，而 $R=\frac{1}{9}$ ，即 $R\%=11$ }
 V_2 改為 $\frac{V_1}{2.5}$ ，即較難，於是 $N=2.5$ ，而 $R=\frac{9}{49}$ ，即 $R\%=18$ 現第三級光澤
 V_2 改為 $\frac{V_1}{3.0}$ ，即又難，於是 $N=3.0$ ，而 $R=\frac{1}{4}$ ，即 $R\%=25$ 現第二級光澤
 V_2 改為 $\frac{V_1}{3.5}$ ，即最難，於是 $N=3.5$ ，而 $R=\frac{25}{81}$ ，即 $R\%=30$ 現第一級光澤
 V_2 增大為 $1.6V_1$ ，亦很難，於是 $N=0.64$ （如銅），而 $R\%=7$ *
 V_2 增大為 $2.7V_1$ ，又很難，於是 $N=0.37$ （如金），而 $R\%=21$ *
 V_2 增大為 $5.5V_2$ ，則尤難，於是 $N=0.18$ （如銀），而 $R\%=48$ *

姑不言其他，只按上式我們就可以知道為什麼銀（ $N=0.18$ ）和冰（ $N=1.33$ ）的顏色雖同而光亮的程度却不相同了。

* 見下文



折射率 (N) 和反射率 (R) 的函数
关系圖 (別捷赫琴礦物学教程)

鉄、金和銅的K、N和R %

表 1

	K	N	R %
Fe	1.63	1.51	46.5
Au	2.82	0.37	85.1
Ag	3.64	0.18	95.2
Cu		0.64	89.0

福利斯著普通物理学第三卷第一分册。5是本書作者計算所得数字,可对该原表作为校正的数字(各数字都和Schneiderhöhn者稍有差別)。

但实际測量所得的 R 值,尤其是对于光的吸收很强的礦物如磁鉄礦 ($N=2.42$)、石墨 ($N=1.93-2.07$)、金、銀、銅的 R 值均較大于按上式計算所得的数值(見附圖及附表),所以还應該把礦物的吸收率考慮在前式里。

为了符合于实测所得数值,把礦物的反射率 (R) 和吸收率 (K) 联系起來考慮,即可用下式修正前一式:

$$R = \frac{(N-1)^2 + N^2 K^2}{(N+1)^2 + N^2 K^2}$$

从附圖可見R和N²之間的关系是：在N>1的一側，它們成正比；在N<1的一側，它們成反比。这样的兩面性的关系也存在于K和N之間(附表僅顯示了N<1的一側)。因此，R和K是成正比的关系。从R和K的关系，我們可以推論到R和礦物的成分、構造以及鍵性(見結晶学)的关系。这因为最能使光波能量的大量轉变为热能的(即被吸收的)是礦物內的自由电子和某些离子的不穩定电子(見顏色節吸收率段)。更从这一点，我們可以体会到金、銀、銅的N值为什么都小于1。因为它们都是金屬的元素礦物，它們的化学鍵是金屬鍵，瀰漫在它們的原子間的自由电子能使大量的光波能量轉变为热能，于是帶电粒子的振动頻率大大超过了原有頻率，于是V₂就大于V₁；虽然光波的能量將在不远的路程內便消耗(即被吸收)完尽。

礦物的光澤可按反射率(參看上表及圖)分为四級。

第一級光澤也叫作金屬光澤。这就是N>3和N<1的那些礦物所表現的光澤。具金屬光澤的多是金屬元素的元素礦物如自然金、銀、銅和金屬元素的硫化物如輝銻礦、輝鉬礦等。当然，这在成分方面和对于吸收起重大作用的金屬元素的原子或离子有关系，在晶体構造方面和最緊密排列有关系，在晶体化学方面和金屬鍵、近似金屬鍵的离子鍵以及摻合着的共价鍵也有关系。

第二級光澤也叫作半金屬光澤。这就是N=3.0至2.6的那些礦物如辰砂、赤鉄礦等所表現的光澤。具有這一級光澤的礦物多是金屬元素的硫化物和氧化物，多是以离子鍵为主的或是同时摻和着金屬鍵或共价鍵的。

第三級光澤便是取名于金剛石的金剛光澤，便是N=2.6—1.9的那些礦物如金剛石、閃鋅礦、硫黃等所具的光澤。这些礦物在成分上的特点是少有至沒有金屬元素，在晶体化学上的特点是往往具有共价鍵或趨近于共价鍵的离子鍵。在非金屬礦物中这是最强的光澤。

第四級光澤就是象玻璃似的玻璃光澤，也就是那些N=1.9—1.3的礦物的光澤。冰、石英、石膏、云母等都具有这样的光澤。所有这

些都是非金屬礦物，都是吸收率小的、几乎全是离子鍵的、晶格內有較大空隙的礦物。在自然礦物的种数中，具玻璃光澤的占70%。

須知：(1) 以上的級次，在反射率和折射率数字上虽可截然地划分，但用肉眼观察时，尤其是在上下限之間时实难区别。(2) 从結晶学里我們知道同一晶体內的各面網密度并不相同，因而除等軸系礦物外，有在两个或三个主要方向內有相应的 N 值的；但在上述的 N 值和 R 值的函数关系里所用的都是 N_o 和 N_e 或 N_g 、 N_m 和 N_p 的平均值。因此，如果一种礦物的 N 值跨在上下兩限內如辰砂的 $N_o=2.84$ ，而 $N_e=3.14$ ，雌黃的 $N_g=3.0$ ，而 $N_p=2.4$ ，这就使得一种礦物在不同方向表現两种光澤了。即使两个 N 值在同一的光澤等級里如方解石的 $N_o=1.658$ 而 $N_e=1.486$ ，則又可因值差过大而在相应的晶面上表現同屬一級而強弱有差的光澤。然而，这些事实并減損不了这一 N 值和 R 值的函数关系圖的重要性。(3) 看同一礦物的不同表面(晶面)的光澤时，必須用同一的光源和相同的角度(見本節首段)。(4) 鑑定光澤时，所用反射面必須是平滑而且新鮮的平面。如果是具浮雕的晶面(見礦物形态学)、不平坦的斷裂面(斷口)、潮解了的旧面、被复着次生礦物的或污染了的表面，則不僅因光綫的漫反射(乱反射)而象是降低了光澤的等級，又可以完全是另一种或多种物質的光澤。具条紋的石英和黃鐵礦的光澤可以当作前一种情况的实例，雄黃和閃鋅礦的斷口所呈現的光澤——“松脂光澤”可当作第二种情况的实例，經過夏季的食鹽(岩鹽)和光鹵石的光澤——“脂肪光澤”可当做第三种情况的实例，污染了的(或說是浮有錯色的)輝鎔礦和輝銅礦的光澤可以当做第四种情况的实例。(5) 如因礦物个体的層狀構造以致發生多次的折射和內反射而引起的干涉和色散現象，則我們可以看見“珍珠光澤”；例如久經曝露的云母或魚眼石的(001)面上所呈現的光澤。(6) 礦物的集合体的光澤，又因集合的方式不同而表現出不同于該种礦物的个体的光澤，虽然每一个小平面上的反射率仍然是該种礦物的个体的反射率。如一向性伸長的纖維狀晶体平行地集成一个塊体，如石棉，纖維石膏，則整个塊体呈“絲絹光澤”；如果是放射狀地集成一个塊体，如銀星

石、陽起石，則整體呈“星芒光澤”。如二向性延展的極小層片狀晶体或三向性伸延的小粒狀晶体雜亂無章地集成一塊體，如高嶺土、矽藻土，則整體晦暗而光澤只可說是“土狀光澤”。這因為小個體們的反射面小至不可見，以致入射光量完全分散為漫反射光量，小個體間多孔隙而每一孔隙均顯陰暗，所以就整體看來便晦暗如土；但每一個小反射面的反射率並沒有減小。多種礦物的微粒集合體如錳土、鋁土、赭土（即赤鐵礦、針鐵礦、褐鐵礦的混合體）等也都表現土狀光澤。（7）另有所謂“蠟狀光澤”的，“漆狀光澤”的，這多是膠態礦物和曾一度是膠體的礦物表面所表現的光澤；前者可以卵白石為例，後者可以綽號“玻璃頭”的褐鐵礦為例。（8）在實際使用上，這些形容字樣也有可此可彼的，所以不必要求一致。（9）實際上一種礦物雖可表現多種多样的光澤，如石膏的大晶体解理面上表現“珍珠光澤”，纖維狀集合體上表現“絲絹光澤”，糖粒狀集合體（“雪花石膏”）上表現“脂肪光澤”，松粒塊上表現“土狀光澤”，但這所表現的只是光亮的情况而不是光澤的等級。石膏的 N 的平均值是1.526；它的光澤屬於第四級。如果我們拿真的玻璃（ $N=1.6$ ）作比喻，則玻璃粉呈土狀光澤，玻璃絲呈絲絹光澤，砂磨了的毛玻璃呈脂肪光澤，疊置多層的玻璃片可以表現珍珠光澤；這也只是光亮的各種情况。

從以上各段里，我們就可以知道了“銀、冰、雪、纖維石膏和高嶺土的顏色雖同，但在同樣環境內來比較着看它們的光亮程度和情况則各有不相同”的原因（見本節首句）。

遠在公元前四百多年，我們的祖先們就曾經爭辯過“白雪之白，白馬之白，白玉之白”的問題。在當時，他們雖沒有說出光澤的情况來，但對於這些現象的觀察還是值得稱道的。

總起來說，礦物的光澤是礦物表面的反射率的表現，是礦物的物理性中的光學性的部分的表現，因而也就是和折射率、吸收率有關的表現，也就是和化學成分、結晶構造有關的表現。

礦物的顏色

礦物的顏色也決定於礦物的化學成分和內部構造，惟受影響於它

的成因。石墨和金剛石的成分相同而顏色不同，這就說明了構造這一因素；食鹽（岩鹽）和方鉛礦的構造相同而顏色不同，這就說明了成分這一因素。至於第三種因素的存在，我們可以拿成因不同的石英的各色、食鹽（岩鹽）的各色、閃鋅礦的各色、等等來作例証。產生在同一礦床內的同種礦物又常因個體們的分布不同而顏色不同，這就說明了它們的成因雖同，但是生成的先後和環境不同、世代不同。尤其顯著的，象一個電氣石晶體的內外不同或兩端不同的顏色，這就又進一步地說明了雖在一個晶體的成長期間內，環境也有一定的變更。

礦物的顏色既反映着上述的各種因素，所以它不僅可以使我們當作鑑定礦物的種別的憑証，又可以使我們當作推究礦物的成因的論據。又須知某些礦物在今天所呈現的顏色並不是它的原色；鋼灰色的輝銀礦只在幾分鐘內就變得黑暗，這是最顯著的例子。

首先要來說明的是顏色這一名詞在礦物學內使用的范疇。礦物的顏色是礦物塊體、晶體表面所表現的顏色，不是礦物粉末的顏色（見後條痕色節）。它所表現的是入射光波能量被礦物部分地吸收過后再反射來的（不是透過來的）光量和光色。因此，為了不混淆，有人把用這樣方式所看到的兼括着光量和光色的現象叫做“面色”（意即顏面上的色）或“反射色”，把光綫透過了礦物體以後的兼括着光量和光色的現象叫作“體色”或“透過色”。因為我們在礦物學內所常用的“黑色”、“灰色”、“白色”和“无色”等色名都不見于日光的色譜以內，所以我們在這裡必須兼括着光量來談；否則也就沒有“褐紅”、“灰褐”、“灰綠”等等和“酒黃”、“玫瑰紅”等等混合色了。白、灰和黑可以說是程度不同的“色消”（或消光）現象（見本節內光的吸收段）。

其次是應該來補充說明的。關於支配礦物顏色的三種因素，我們既不可以孤立地來看待，又不可以平等地來看待。不可以按石墨和金剛石這一個例子就認為凡是同質的多象物就表現不同的顏色。事實上，象成分都是 SiO_2 的 α 石英、 β 石英、鱗石英和白矽石，象成分都是 CaCO_3 的方解石和霏石，象成分都是 Al_2SiO_5 的紅柱石、矽綫石和二硬（石藍晶石），象成分都是 TiO_2 的柱鈦礦（金紅石）、銳鈦礦和板鈦礦，象成分都是 FeS_2 的黃鐵礦和白鐵礦，象成分都是 ZnS 的閃鋅礦和纖維

閃鋅礦，它們的顏色縱或顯些多少的不同，但這並不是因為它們自己的本質不同，而是因為構成礦物時所收容的類質同象的代替物或機械的混入物或分散態的微細物的種別不同。因為在某種物理化學和地質的環境內才可能有某些物質的活動（濃度），才適合於某種構造的建立，所以不同的構造內便常收留不同的物質，質同而象不同的礦物也就可能表現不同的顏色；這就是說，關鍵問題還在于礦物的成因和礦物所收留的物質上。正是因為機械混入物的關係，金剛石也有黑的。在形成閃鋅礦時，如果用 Fe^{2+} 來頂替部分的 Zn^{2+} ，則閃鋅礦呈黑色；在形成柱鈦礦（金紅石）時，如果用 $\text{Fe}^{2+} + \text{Nb}_5^{5+}$ 來頂替三個 Ti^{4+} ，則柱鈦礦呈現褐黑色；在這時，我們可以說閃鋅礦和纖維閃鋅礦的或柱鈦礦和板鈦礦的顏色的不同是因為構造不同嗎？白鐵礦比黃鐵礦容易分解而氧化和水化成為水綠鐵礬（即“綠礬”、“阜礬”），這可以說白鐵礦和黃鐵礦在顏色上的差異是因為構造不同嗎？

由于同樣的理由，我們也不可以按食鹽（岩鹽）和方鉛礦這一個例子就說凡是構造相同的礦物就表現不同的顏色。屬於食鹽構造型的有鉀鹽、方鉛礦、黃鐵礦、等等，屬於閃鋅礦構造型的有金剛石，近似石墨的構造的有輝鉬礦（如果把 $\text{S}-\text{Mo}-\text{S}$ 當作一層），這能說顏色和構造類型之間存在着怎樣一定的關係嗎？更顯著的是構造不相同的許多金屬元素礦物、硫化物和氧化物却同樣地表現着“色消”現象（即呈顯着銀白、鉛灰、鋼灰和黑色）。所以關鍵問題還在于礦物成分內有什么樣的原子或離子。

最后，我們可以再強調說明礦物顏色和礦物成因的關係。當然，這必須按一種礦物來說。例如石英：成於熔融體的冷凝而產於火成岩內的石英便透明無色；成於富含氣體的热液內的（偉晶岩期）石英，則每因收容了不同的物質（氣態的、液態的和固態的）而呈現各種顏色；成於热液而產為脈石英的，則因張力裂隙內填滿空氣而表現乳白色。例如食鹽（岩鹽）：因蒸發作用而成於鹽池面上的即因含氣泡而色白；因沉淀而結晶於鹽池底部的即透明無色；成於池沼內而摻混了泥土、氫氧鐵、有機物質的即可表現灰、黃、褐等色；盆地內鹽層經地質作用被埋壓在深處而再結晶後則岩鹽透明無色；岩鹽遭受鄰近物質

如 KCl 、 RbCl 所發放射綫 (β 射綫) 的作用則可表現藍色。再例如赤鐵礦：成于地表的鱗狀體，色赤紅；成于地下深处變質作用的結晶質 (即鏡鐵礦)，色藍黑。更例如黃鐵礦：成于熱液作用而產于礦脈內的晶粒，色黃銅黃；在還原環境內，因 H_2S 作用于 FeSO_4 而成于煤層內或富有機質的深水內的粉末，色黑如煤烟 (白鐵礦同此)。這都說明了一種礦物的成因、產狀對於該種礦物的顏色的影響。然而，這并無關於礦物自己的根本性質。

按一種礦物來說，作為它的根本性質的是兼併着它的成分和構造的性質，所以由於它們的根本性質所產生的顏色才是它的本色或自色；由於附加物質、混入物質、以及包裹物質所產生的顏色便相對地名為他色；完全無關於根本性質而只由於一般的光學問題所顯現的顏色就說是它的假色。

自色：象銀 (Ag)、冰 (H_2O)、石膏 ($\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、方解石和霏石 (都是 $\text{Ca}[\text{CO}_3]$)、白云石 ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$)、瀉利鹽 ($\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、滑石 ($\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$)、斜碳鋇礦 ($\text{Ba}[\text{CO}_3]$)、斜硫鋇礦 ($\text{Sr}[\text{SO}_4]$)、斜碳鉛礦 ($\text{Pb}[\text{CO}_3]$)、鉀硝石 ($\text{K}[\text{NO}_3]$)、鈉長石 ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$)、食鹽 (NaCl)、無水芒硝 ($\text{Na}[\text{SO}_4] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、等等礦物的白色；象鈦鈣石 (CaTiO_3)、鈦鐵礦 (FeTiO_3)、磁鐵礦 (FeFe_2O_4)、鉻鐵礦 (FeCr_2O_4)、黑錳礦 (MnMn_2O_4)、鎢錳鐵礦 ($(\text{Fe}, \text{Mn})[\text{WO}_4]$)、軟錳礦 (MnO_2)、黑銅礦 (Cu_2O)、黑鈷礦 (Co_2O_3)、晶質氧鈾 (UO_2) 等的各樣的黑色；如石墨 (C)、黝錫礦 ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$)、輝砷鈷礦 (CoAsS)、輝砷鎳礦 (NiAsS)、斜方砷鐵礦 (FeAs_2) 等的鋼灰色；如方鉛礦 (PbS)、輝銀礦 (Ag_2S)、輝銻礦 (Sb_2S_3) 等的鉛灰色；象銅 (Cu)、辰砂 (HgS)、雄黃 (AsS)、紅砷鎳礦 (NiAs)、赤銅礦 (Cu_2O)、紅鋅礦 (ZnO)、赤鐵礦 (Fe_2O_3)、鉻鉛礦 ($\text{Pb}[\text{CrO}_4]$)、菱錳礦 ($\text{Mn}[\text{CO}_3]$)、水砷鈷華 ($\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)、水硫鈷礦 ($\text{Co}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 等的各樣的紅色；象金 (Au)、硫黃 (S)、硫鎘礦 (CdS)、雌黃 (As_2S_3)、黃硫鎳礦 (一名針鎳礦) (NiS)、黃鐵礦 (FeS_2)、黃銅礦 (CuFeS_2)、白鐵礦 (FeS_2)、鎢華 (WO_3)、鉬華 (MoO_3)、鉬鉛礦 ($\text{Pb}[\text{MoO}_4]$)

等的各样的黃色；象菱鋅礦($\text{Zn}[\text{CO}_3]$)、綠硫銅礦(孔雀石)($\text{Cu}_2[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$)、綠磷鉛礦($\text{Pb}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$)、磷鈣鈷云母($\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{F}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)、水綠鈣礬($\text{Fe}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、水砷鎳華($\text{Ni}[\text{AsO}_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)、鈣鉻榴子石($\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$)、水綠矽銅礦(透視石)($\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、鈉鐵輝石(鈹鈉輝石)($\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$)陽起石($\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}][\text{OH}]_2$)等的各样的綠色；藍硫銅礦(CuS)、藍硫銅礦($\text{Cu}_3[\text{CO}_3][\text{OH}]_2$)、藍硫銅礬(膽礬)($\text{Cu}[\text{SO}_4] \cdot [\text{OH}]_2$)、藍磷鐵礦($\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)、青金石($\text{Na}[\text{AlSiO}_4][\text{SO}_4]$)等的各样的藍色；这都是各該种礦物因內部成分和構造所獻給我們的顏色——白色。

顏色是怎样地產生的呢？盲人看不見礦物，黑夜看不見礦物，當然也看不見任何顏色；无色透明三稜鏡能使日光——白光散出七色，而色盲却不辨其中的某一二种色；这都可以說明了礦物所呈現的或紅或橙或黃……或紫原是日光所有的色。当日光的电磁波受到物質的質点間(間距約等于光波波長的几千分之一)的鍵力的、原子的尤其是自由电子的和構造不对称的离子的电子的影响时，‘它的能量可以部分地轉变为动能來使帶电粒子的振动頻率增大或移动了电子的位置以致离子的極化或离子电价的改变(随伴着体形或体積的改变)，‘它的能量又可以部分地轉变为次生的波能來使物体發热或發螢光、磷光以及光譜紫端以外的具化学性能的各种射綫。所有这些形式的轉变，我們不使用仪器就能直觀直覺地得到証明的是：物質因日光的晒照而發热，而褪色(如久經曝曬的玫瑰石英)，而变色(如鉻鉛礦的橘紅色久經曝曬即变为黃色)，而分解(如照象板感光后溴化銀的分解)。在这些能量形式的轉变里所剩余下的可見光波的种別(色別)和量別就决定了物質所呈現的顏色。

統括在“光的吸收”这一術語內的便是上述的能量形式的轉变；所謂“物質的吸收率”的(例見前光澤節內金、銀的吸收率)就是在一定行程內光波能量被物質所吸收的百分量。但是物質对于日光的吸收率并不一定就是它对于七色波中每一色波的吸收率，因为某些物質对于各种色波的吸收率是完全相同或大致相同的(即所謂等量的、平均的或不

選擇的吸收)，某些物質對於各種色波的吸收率却是各不相同的（即所謂選擇的吸收）。如果物質對於各種色波的吸收率都相同而且：都很小，則色白（如岩鹽、石膏、方解石等透明時无色，如透明石膏、冰洲石等）；都很大，則色灰（如方鉛礦、輝銻礦等）；都大到了近于原來各波能量的全量，則色黑（如銻鐵礦、磁鐵礦等）。如果物質對於六種色波的吸收率都很小，對於其他一種如紅色波的吸收率更小得接近于零，則物質呈淡紅色——混合了白色的紅色（例如菱錳礦的紅色）；如果物質對於六種色波的吸收率都很大，對於其他一種如紅色波的吸收率却很小，則物質呈褐紅色——混合了灰色的紅色（例如褐鐵礦的色）；如果物質對於七種色波的吸收率各不相同，則這一物質的色是七種色的混合色，混合的分量和它們的吸收率成反比。所以我們說：礦物所呈現的色，和其他的物質一樣，是日光七色波能量被礦物選擇地或不選擇地吸收過後所剩餘下的色別和量別。

各種礦物的自色是怎樣地產生的呢？這当然是由於各種礦物的成分和構造。由於蘇聯學者費爾斯曼院士的指示，我們可以从以上所列举的許多礦物的自色中看出那些色彩礦物是具有Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni（即門氏周期表內的次外層電子數目能變的鐵族元素）或Cu、Zn、Cd（即銅型金屬族的元素）或W、Mo或U、Th的離子（多是構造不對稱的陽離子）的礦物。因此，這些元素可以叫做色素，而這些色素的離子就叫做色素離子。按門氏周期表和原子構造以及離子構造就可以知道這些色素離子都是容易使光波能量轉變的帶電粒子。不同種色素和同種色素的電價不同的離子都可以因為對於各色波的吸收率不同而產生（即剩餘）不同的顏色，同一色素的同樣電價的離子又可因所在環境（即相鄰質點的種別和排列方式——配位數）也就是因晶體化學的情況的不同而產生不同的顏色。所以下表所列各種色素離子（ Fe^{2+} 及 Cu^{2+} 不在內）所產生的色別還只是一般的。

至於在那些白色（透明時即无色）礦物內作主要角色的陽離子就是Na或K、Mg、Ca、Sr、Ba、Al或Si等元素（在門氏周期表左側、近于惰性氣族的造岩元素）的離子了。這些離子，用比較命名法，可以叫做非色素離子。這些離子的電價不變，形狀和體積只能稍變，因而對