

油浸法

Г. В. 鮑基著

地质出版社

油浸法

——



科学出版社

油 浸 法

Г. Б. 鮑 基 著

北京地質學院岩石教研室譯

地質出版社

1956·北 京

Профессор Г. Б. БОКИИ
ИММЕРСИОННЫЙ МЕТОД
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
1948

鑑定晶体光学常数的油浸法是最快、最精确和最便宜的相分析方法。本書簡單扼要地敘述了以油浸法鑑定礦物的原則、理論基礎及实际工作，可作为大学生及鑑定室工作人員的參考資料。

本書由北京地質學院岩石教研室翻譯，刘啓華校對。

油 浸 法

75,000字

著 者 Г. Б. 鮑 基

譯 者 北京地質學院岩石教研室

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街9号

北京市書刊出版業營業許可証出字第0050号

發行者 新 華 書 店

印刷者 天 津 人 民 印 刷 厂

編譯：孙際先 技術編輯：石 志 校對：金伯璠

印數(京) 1—3270册 一九五六年十月北京第一版

定價(10)0.50元 一九五六年十月第一次印刷

開本317×437 $\frac{1}{32}$ 印張3 $\frac{1}{32}$

目 錄

緒論	4
第一節 为进一步說明所必需的初級光学的基本概念	5
第二節 晶体的光学平面	8
第三節 光率体在晶体中的方位	15
第四節 偏光顯微鏡	18
第五節 顯微鏡的裝置和檢查	27
第六節 以油浸法工作时所用的标本的制备	34
第七節 顯微鏡下所見的油浸标本的光学現象	36
第八節 油浸法原理 油浸介質	43
第九節 貝克綫出現的解釋 斜照效应	48
第十節 用油浸法測定折光率的实际工作	52
第十一節 顯微鏡下角的測定 消光角, 光帶符号, 光率体方 位的測定	60
第十二節 在聚斂光下晶体的研究	64
第十三節 油浸法的現在發展途徑	76
第十四節 浸油折光率的檢驗	81
参考文献	83

緒 論

在“油浸法”這本書中，作者向大学生簡單扼要地敘述着有关油浸法的實習指導；所以理論基礎的敘述都是基本的。讀者要想更全面地了解，可以參看本書後面所列举的參考書籍。這本書作者也是根據這些書籍編寫的，並從其中摘錄了許多插圖。

鑑定晶体光学常数的油浸法是最快、最精確和最便宜的相分析方法，並為礦物学和岩石学所公認。虽然应用这种方法毫无疑问是合理的，但是，直到今天在工厂和做科学研究工作的化学实验室的实际工作中却应用得很少。

結晶光学的分析，除上述的优点外，还可以区别化学化合物的变体、它們的同分異構体、聚合物等等，同时还可以鑑定混合物中的物質。在所談过的一切情況下，普通化学分析是很困难的，同时也未必能得到相同的答案。用油浸法鑑定物質不是依据成分的复雜性，所以在有机化学中，以及在复雜的无机化合物的鑑定工作中应用它是特别合理的。

這本書是供那些並不以油浸法作为他們主要研究的方法的人用的，因此在這本書中只敘述了該方法的原則，而其細節則被刪略了。

如果這本書，除了能直接作为大学生参考之用外，还能促使油浸法应用于化学上，那末作者就会認為自己的劳动是沒有完全白費。在本書付印時，作者曾考慮了教学工作時的同志們：阿利亞夫金（В. Ф. Алявдин）講師和切特維利科夫（С. Д. Четвериков）教授，以及科学研究工作中的學生們和同事們布洛娃（Э. Е. Бурова）、利亞森柯（М. Н. Лашенко）和托波爾（Н. Д. Топор）所提出的关于本書的意見和希望。作者謹对上述所有同志致以誠懇的謝意。尽管在編寫該書時很仔細，但在其出版問世之后，毫無疑問也會發現新的缺點，因此作者預先對那些給本書提出適當意見的人表示謝意。

書中編者註均由切特維利科夫所寫。

鮑基教授

第一節 为進一步說明所必需的 初級光學的基本概念

根据光的电磁学理論，在光綫的每一点上，电场和磁场的强度都有着周期性的变化。这些强度可以用向量表示出来。在均質介质中，两个向量在每一瞬間都是互相垂直的，同时亦和光綫方向垂直，但是在垂直于光綫傳播方向的平面內不断地改变自己的位置。在偏光时，它們亦在此平面內保持一定位置^①。

因为用肉眼就能夠感觉到电向量强度的变化，所以在下面可以拋棄磁向量，而想象这是偏振光綫，如簡圖上粗綫所示。

光綫被看作是电磁波，所以为了使得这个振动的概念清楚，可以作一个補助圓，讓一个点子沿該圓作等速运动。該点子的运动投影在垂直于光綫進行方向的直綫上（圖1）。

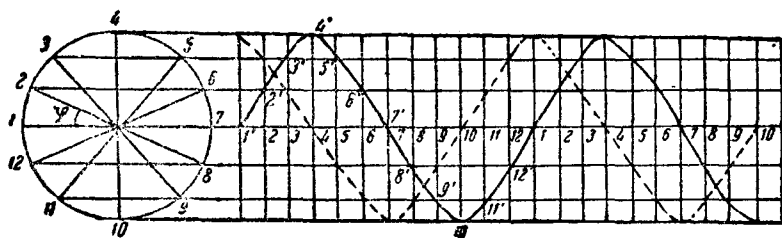


圖 1

用这种方法所得到的正弦曲綫在該時間內將与电向量各端相連接。

旋轉角 φ 或者 $1'$; $2'$; $3'$; $4'$ 和其他点子在正弦曲綫上的位置叫作振动相位。

在圖1上用虛綫所表示的該点振动超过了用实綫所表示的該点振动，即 $\varphi = \frac{\pi}{2}$ 或 $\varphi = 2\pi n + \frac{\pi}{2}$ 。

①通过光綫并垂直于电向量振动方向的平面叫作偏振面。

在光綫上位于同一相位的兩点間之距离就是波長 λ 。光的顏色决定于波長。白光是由所有波長不同（从 400 到 760m μ ）的可見光綫組成的。如果光只具有任一波長，那就称其为單色光，而生成这种光的仪器称为單色器。

点子离开原來位置的最大值称为振幅。振幅相当于电場的最大电压，并且从圖解上看，它是等于補助圓的半徑。振幅的大小可决定光的強度。

如果沿着同一个方向傳播着两个偏振于同一平面內并又具有同一波長的光綫，那末它們就要彼此互相影响——干涉。在圖 2 上用虛綫表示的就是这两条光綫。由于它們干涉的結果而得了用实綫表示的第三条光綫。



圖 2

实验証明，要想產生干涉，必須使兩条光綫从一个光源發出。干涉的結果决定于每一光綫振幅的大小和相位差。假如兩条干涉光綫的振幅相等，而相位差为 $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi$ 或 $2n\pi + \pi$ （半波的奇数），那末合成振幅就等于零，即兩条光綫互相抵消了。圖 2 就是說明合成振幅大于原來振幅中的每一个振幅的情况。

从上述可知，由于干涉的結果振幅（光度）發生变化，而波長（光色）仍旧不变，即仍为每一光綫在干涉前的那样波長。

光的傳播速度 V 决定于介質。該均質介質中光的傳播速度的倒数叫作折光率 n ，如果光速在空气中定为 1 的話。

折光率还可以用另外的方法來測定。假設光綫从介質 I 進到介質 II 中（圖 3）。a 代表入射角，b 代表折射角。根据笛卡尔—斯涅留斯定律对每兩個一定介質的比 $\frac{\sin a}{\sin b}$ 就是一个常数。如果在这种情况下第一个介質是空气，那末这个比例就將是第二个介質的折光率，

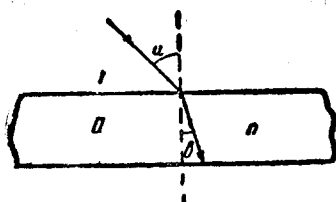


圖 3

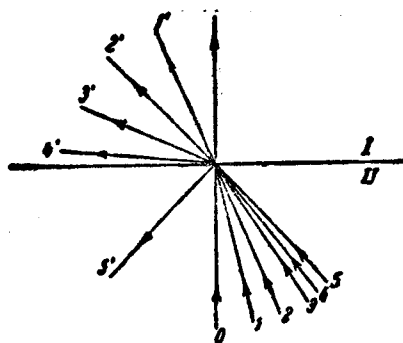


圖 4

即: $n = \frac{\sin a}{\sin b}$, 由此可見, n 这个比例是一个无名数。

在圖 3 上光綫是从折光率小的介質進入到折光率大的介質。如果光綫是从介質 II 進入到介質 I, 而我們又慢慢增大入射角从 1 到 2、3 等等 (圖 4), 那末最后折射光綫就会接近介質的分界綫 (光綫 4—4'), 若是再往下, 光綫已不再進入介質 I, 而是从分界面反射回來進入到介質 II 中 (光綫 5—5')。这个角称为臨界角或全反射角。

物質的折光率决定于光的波長。这种現象叫作色散。色散表明每一波長应与該物質的一定的折光率相适应。

如果光綫進入晶体, 一般情况它要發生偏振, 并且分解成兩条光綫, 这两条光綫在晶体中以不同的速度進行 (因之它也具有不同的折光率)。

这两条光綫就是两个方向互相垂直的偏振光綫。

圖 5 是由光源 S 射出來的并具振動 pp 的偏振光綫。它一進入晶体即分解成具振動 X 和 Y 的兩条光綫。当沿 Y 方向的光綫射到晶片的上部界綫时, 沿 X 方向振動的光綫則仍位于晶体內部。当光綫 X 射到晶片的上部界綫时, 光綫 Y 已在空气中走了一段距离 Δ , 这一段距离 Δ 叫作光程差。以后在空气中的整个路程中这个光程差都是不变的。更清楚的是單色光的光程差 Δ 的大小决定于两个原因: 第一决定于兩条光綫在晶体的这个方向上的折光率的差; 第二决定于晶片的厚度。光

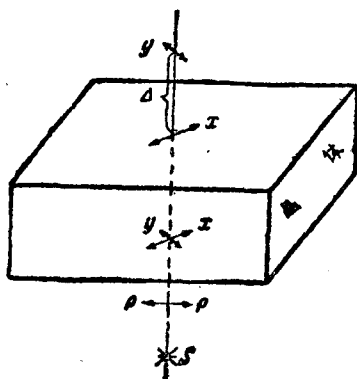


圖 5

程差通常以毫微米 ($m\mu$) 表示。不同波長的光程差是有各不相同的值。

在本節最後再說明一下某些晶体的一个有意思的性質——偏振面旋轉。这种性質就是在進入晶体內的偏振光綫中，偏振面的方向不断地变化。偏振面按照右旋或左旋定律向右或向左旋轉。偏振面的旋轉角，第一决定于物質本身的性質，第二决定于晶体的厚度，第三决定

于光的波長。当其他的条件相同时，偏振面旋轉的能力就在很大的範圍內从一个物質振动到另一个物質上。如果晶片越厚，光的波長越短，則該物質的偏振面之旋轉角也就越大^①。

第二節 晶体的光学平面

如果我們設想在任一均質介質（如空气，水等介質）中置一發光点，并經過一定的時間間隔標出光綫从各个方向上所達到的地方，這樣就可得到一个球形面（圖 6），因为在均質介質中光綫向各个方向的傳播速度相等。

这个面叫作光速面或光波面。等軸晶系晶体的光学現象的特点就正好是有这样的面。

如果我們要拿中級晶系（六方晶系，四方晶系或三方晶系）晶体作同一种試驗的話，則結果不僅得出球形光速面，而且還可得出內切或外切球形的旋轉橢球体形光速面。

上面我們已經談過，在一般情況下，光綫通过晶体即分解成兩条在兩個互相垂直方向上偏振的光綫，同时它們又沿着一个方向以不同

① 光学的基本概念在瓦維洛夫 (С. И. Вавилов) 的書中敘述得易懂，并較為詳細 [3]，我們建議對這一節有興趣的可參考該書——編者。

速度進行。^①

圖 7 为一軸晶晶体的光速面。假如在某一段時間內，把光綫从光源 S 沿 B 方向所達到的位置記下，那末在一般情況下可得到兩個位置： B_1 和 B_2 。 B_1 相當于橢球形面， B_2 相當于球形面。就在這段時間內記下光綫 SC, SD 等等上的相似點之後我們就可完全地得到一個光速雙面或簡稱光速面。換言之，也可稱為光波面。

在具有這些類型光速面的晶体中，只有一個方向— ASA ，在這個方向上光綫不分解為二條，並且通過晶体的光綫也不產生偏振。

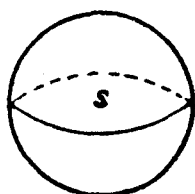


圖 6

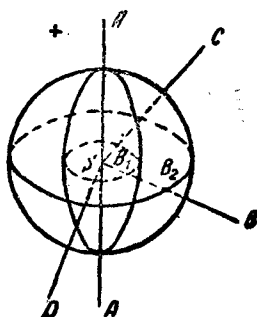


圖 7

這個方向叫作光軸，而具有這種光速面的晶体稱為一軸晶晶体。

我們所舉的例子就是正光性晶体，即橢球體內切于球体的晶体。負光性晶体的情況恰好相反，即球體內切于旋轉橢球体（圖 8）。

如果光綫是在連接橢球体与球体相切兩點— AA_1 方向上通過，則其效果与在正光性晶体中一樣。

在一軸晶晶体中沿着一個方向傳播的兩條光綫中，一條叫常光綫，另一條叫非常光綫。常光綫是相應于球形光速面，而非光綫則是相應于橢球体形光速面。常光綫用 ω 或 o 表示，非常光綫用 ε 或 e 表示。圖 9 为一軸晶正光性晶体光速面的兩個切面：（a）通過光軸；（b）垂直于光軸。

圖 10 为一軸晶負光性晶体光速面的兩個切面。

^①嚴格說來，這里指的不是光綫，而是光波法綫。（見下面）。

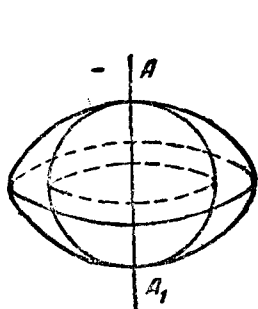


圖 8

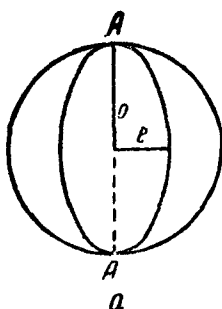


圖 9a.

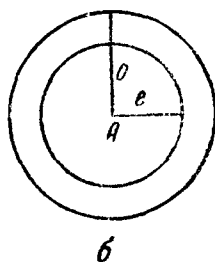


圖 9b.

因此，非常光綫与常光綫的区别是：非常光綫的傳播速度决定于其在晶体中傳播的方向，而常光綫的傳播速度則不决定于其傳播的方向。

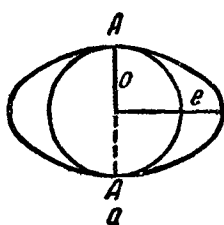


圖 10a

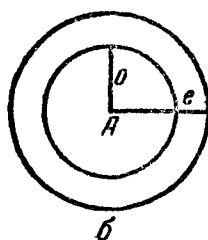


圖 10b

在晶体中，每一条非常光綫 OS (圖 11)，即每一个半徑一椭球形面的向量，都相当于一定的法綫 ON 。这条法綫是一条从椭球体中心投到平面上并与椭圆体相切于 S 点的垂綫。

对常光波來說，光綫和法綫的方向是相合的。对非常光波來說，二者是不相合的。

光波法綫这个概念特別重要，因为法綫速度 V_n (而不是光綫速度 V_s) 和折光率成反比。此外，电向量和磁向量振动的方向是垂直于 V_n (而不是垂直于 V_s)。任何一个光波法綫都与相应的光綫共軛。

知道了該晶体的光速面就很容易地作出法綫速度面。对一軸晶体常光波來說，这將是一个球形面，对非常光波來說，則是一个旋轉

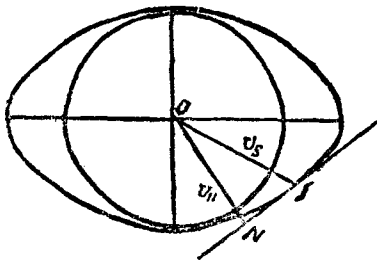


圖 11

卵形体 (圖 12a)。

以上談的是光在晶体中的傳播速度。但是在實驗上油浸法所決定的不是速度，而是折光率。所以為了工作，最好是在晶体中作出與光的傳播速度不相應而與折光率相應的光學平面模形，為此需要在光綫或法綫方向上截取 V_s 和 V_n 速度

的倒數值，即 $\frac{1}{V_s}$ 和 $\frac{1}{V_n}$ 。顯然所得到的平面也是雙面。

第一個雙面（用 $\frac{1}{V_s}$ 作的）對我們來說是沒有用的。第二個則相反，對我們來說是極有用的，因為 $\frac{1}{V_n}$ 值是晶体的折光率。這個面叫作折光率雙面。對一軸晶正光性晶体來說，這個面將是一個內切於壓扁旋轉橢球體的球體形（圖 12b）。顯然，這個雙面和原來的光速層面有關係。

其次還可用一個單面——橢球體代替雙面使之簡單化。

在一般情況下，橢球體的切面是一個橢圓，其半軸在一定程度上可以說明兩個光的數值（связаны волновые）。這樣一個單面叫作光率體，並完全代替了折光率雙面。

圖 13 上，一軸晶正光性晶体的折光率雙面切面是用點綫表示的，而單面（光率體）切面是用虛綫表示的。

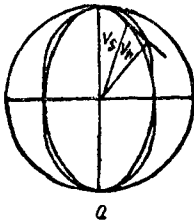


圖 12a

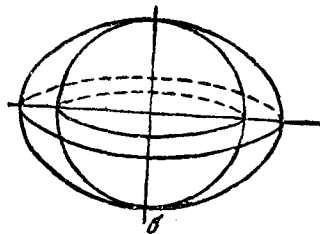


圖 12b

光率体的两个轴等于非常光线折光率椭球体的轴，但同时双面中旋轉軸是椭球体的短軸，而在光率体中则为長軸。

有了这样一个單面，我們可以确定双面的任何要素。作这两个面的区别是：双面的折光率是沿光的傳播方向（两个重合的法綫方向）截取的，單面中折光率值是在垂直于光的傳播方向的平面上——沿着光率体切面的椭圆主軸方向，換句話

說，就是在該方向上進行的兩条法綫的电向量振动的方向上截取的。

在圖13上，光的傳播方向垂直于圖面，因此，在这个方向上光的傳播总是截穿双面的球体和椭圆体而离开中心一个距离，这距离相当于两个折光率值。要从双面中得到單面，必須在垂直于这个方向的平面上，即和圖面一致的平面上截取。把这两个值当作主軸，可作一个椭圆（这个椭圆在圖13上是用虛綫表示的）。这将是光率体的一个椭圆切面。

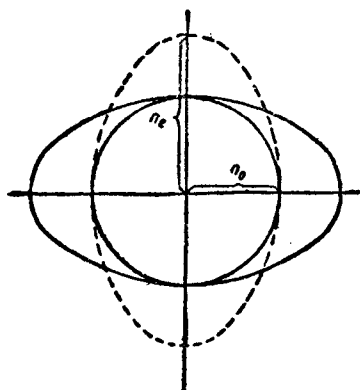


圖 13

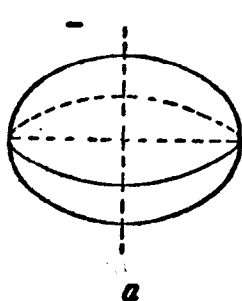


圖 14a

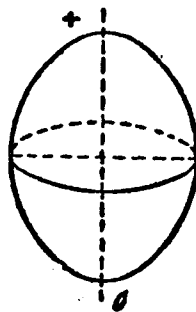


圖 14b

因此，光率体是一个想象補助面，其形狀一般是成一个椭圆体形。其任一半徑都在一定程度上相当于在这个半徑方向上所振动的光线之折光率。

光率体的每一个切面都是橢圓的，它的主軸相当于光綫的两个折光率值。这些光綫的光波法綫方向是垂直于选择的切面的。

圖14₁是一軸晶正光性光率体（压扁的旋轉橢圓体），而14₆則是一軸晶正光性光率体（拉長的旋轉橢圓体）。

正如上面所述的呈旋轉橢圓体形狀的光率体乃是中級晶系晶体的特征。它所以是一軸晶光率体是因为其中有一个光軸——一个方向，光綫沿着这个方向不分解成兩条。这个方向与旋轉軸相重合。垂直于这个方向的是一个橢圓体圓切面。

为了能充分鑑別一軸晶光率体，必須知道两个折光率—— N_o 和 N_e 。

如果 $N_o > N_e$ ，則晶体为負光性，反之，为正光性。

低級晶系（斜方晶系，單斜晶系，三斜晶系）晶体的特征是其光率体乃由三个主要折光率^①所構成。如果在垂直于旋轉軸方向上把旋轉橢圓体（一軸晶光率体）有意識地压挤一下就可以得出有关該光率体的概念。 N_g 是代表最大折光率， N_m 是中等的， N_p 是最小的。^②

圖15_a、15_b和15_c是低級晶系光率体的三个主切面：圖15_a为 $N_g N_p$ 切面；圖15_b为 $N_g N_m$ 切面；圖15_c为 $N_m N_p$ 的切面。

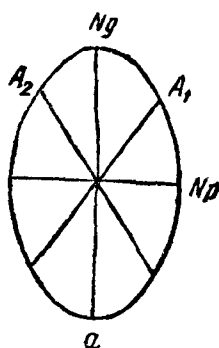


圖 15_a

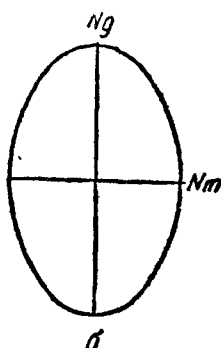


圖 15_b

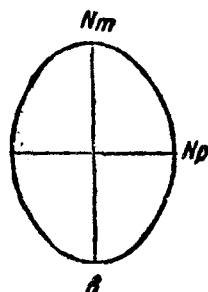


圖 15_c

第一个切面的特点是其中有光軸。实际上，当我們在 N_m 方面看一下光率体，則在这个圖上發現有 $N_g N_p$ 切面。

①这个橢圓体的方程式， $\frac{X^2}{N_g^2} + \frac{Y^2}{N_m^2} + \frac{Z^2}{N_p^2} = 1$ ；式中 N_g 、 N_m 和 N_p 是常数，这个常数主要可說明該晶体的折光率的。

②法文中这几个詞的头一个字母：“grande”，“moyenne”，“petite”。

回想一下作光率体，可以说在 N_m 方向（垂直于圖的方向）通过的光綫（准确的說即法綫）可分解成折光率等于橢圓切面的，即等于 N_g 和 N_p 的兩条光綫。如果光綫在 N_g 方向通过，則分解成折光率为 N_m 和 N_p 的兩条光綫，因为垂直于这个方向的光率体的切面恰恰是 $N_m N_p$ 。

如果在 $N_g N_p$ 平面上（即圖面上）（圖16）光綫从 1；2；3 等等位置移动，則它将相应地分解成二条光綫：一条将总是具有折光率 N_m ，而另一条在从第一个位置移动到第二个，第三个等等位置的时候將改变自己的折光率值，即从 N_p 向增大的方向变化（ $N_1 > N_p, N_2 > N_1$ 等等）。这样作用一直可繼續到 N_p 方向为止。在这个方向進行的光綫可分解成折光率为 N_m 和 N_g 的兩条光綫。由此可見，其中一条光綫在 N_p 到 N_g 的范围中改变了它的折光率值，而第二条还依然是等于 N_m 。但是因为 N_m 值始終是 N_g 与 N_p 二者間的中間值，因而总会有改变着的光率恰好等于 N_m 的时候。

圖16是第三条光綫。换言之，垂直于光綫 3 的光率体切面是个圓圖（这个圓的投影在圖16中是用虛綫表示的），因而在这个方向通过的光綫，不能分解成兩条光綫。这个方向就是光軸 A_1 。与此类似的并在另一个方向又是对称的方向 $N_g (N_p)$ 是第二个光軸 A_2 。在晶体中这样的其他方向是没有的——僅僅只有这两个。

因此这种类型的光率体称为二軸晶光率体。 $N_g N_p$ 切面称为光軸面。

如果光軸的銳角等分綫是 N_g ，則光率体是正光性的，如果其等分綫是 N_p ，則是負光性的。

光軸間之銳角是以 $2V$ 來表示的，称之为光軸角。假如这光軸减小到零时，則二軸晶光率体就会变成一軸晶光率体。

所有的光学平面（双面和單面）彼此之間都有关联，从一个可以導出另一个來；所以只要知道其中的一个就夠了。

談到关于一軸晶晶体时，我們講了其中

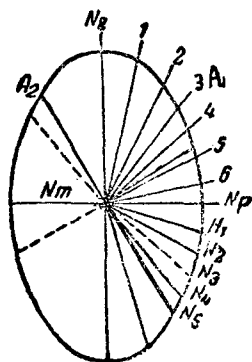


圖 16

最主要的晶体的鑑定。二軸晶晶体中的光面是如此的复雜，以致它的形狀几乎不能以圖形表示出來。

對我們的任务來說（懂得油浸法的基本方法），了解光率体就足已夠了。

它比其余的平面簡便些，首先它是一个單面，其次它是由物体的折光率構成的，也就正好是我們用油浸法所測得的数值構成的。

同二軸晶光率体 相比較，一軸晶晶体的特性是有二个折光率：
(1) N_g 和 N_m ($N_p = N_m$) —— 正光性晶体，(2) N_m 和 N_p ($N_g = N_m$) —— 負光性晶体。

有些作者采用 γ , β , α 或者 N_γ , N_β , N_α 記号來代替 N_g , N_m , N_p 記号。

在二軸晶光率体中光軸角与折光率之間存在着下列数学上的关系：

$$\operatorname{tg} V = \sqrt{\frac{1}{\frac{N_p^2}{N_m^2} - 1} - \frac{1}{\frac{N_m^2}{N_g^2} - 1}} \quad \text{或} \quad \sin V = \frac{N_g}{N_m} \sqrt{\frac{N_m^2 - N_p^2}{N_g^2 - N_m^2}} .$$

在实际应用中，可采用下列簡式：

$$\operatorname{tg} V = \sqrt{\frac{N_m - N_p}{N_g - N_m}} .$$

如果 V 大于 45° ，即 $2V > 90^\circ$ ，則取其 180° 补角，符号为負。

第三節 光率体在晶体中的方位

概述上一章所說的，可以确認為在晶体中存在有三种类型的光率体：球形的，一軸晶的（旋轉橢圓体）和二軸晶体。后两种光率体还可分成正光性的和負光性的。

球形光率体見于等軸晶系晶体中。这里談它的方位就沒有必要了，因为任何一个光率体位于晶体的任何一点，在球体是沒有任何特別方