

用阿贝折射仪测量折射率

折射率是透明材料的重要光学常数。测量透明材料折射率的方法很多。最小偏向角法具有测量精度高、被测折射率的大小不受限制、不需要已知折射率的标准试件而能直接测出被测材料的折射率等优点。但是，被测材料要制成棱镜，而且对棱镜的技术条件要求高，不便快速测量。全反射法属于比较测量，虽然测量准确度较低（大约 $\Delta n_D = 3 \times 10^{-4}$ ），被测折射率的大小受到限制（ n_D 大约为 1.3—1.7），对于固体材料也需要制成试件，但是全反射法具有操作方便迅速、环境条件要求低、不需要单色光源等优点。

阿贝折射仪就是利用全反射法制成的、专门用于测量透明或半透明液体的固体折射率及平均色散 $n_F - n_C$ 的仪器，它还能测量糖溶液的含糖浓度。它是石油化工、光学仪器、食品工业等有关工厂、研究单位和学校的常用设备之一。

【实验目的】

1. 掌握用掠入射法测定物质的折射率；
2. 学会阿贝折射仪的调整和使用方法；
3. 通过对酒精折射率的测定，确定酒精的浓度；
4. 通过对不同温度下水折射率的测定，了解水的折射率随温度的变化关系。

【实验原理】

应用阿贝折射仪测量物质的折射率的方法是建立在全反射原理基础上的掠入射法。

如图 1 所示。光由折射率为 n 的介质射入折射率为 N 的介质时，由折射定律知，入射角 i 与折射角 r 有以下关系：

$$n \sin i = N \sin r \quad (1)$$

如果 $n < N$ ，即光由光疏介质射入光密介质时，折射光靠近法线，亦即 $r < i$ 。入射角可取由 0° 到 90° 的任何一数值，由式 (1) 折射角亦具有对应的某个数值。当入射角达最大值 $i = 90^\circ$ 时，折射角达最大值 $r = r_c$ 。此时的入光线称掠射光线，对应的折射角 r_c 称为折射临界角或又称全反射角，以此代入 (1) 式得

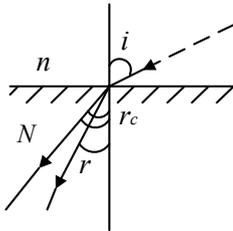


图 1

$$\left. \begin{aligned} n \sin 90^\circ &= N \sin r_c \\ n &= N \sin r_c \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

已知 N 值，则测出折射临界角 r_c ，即可算出待测介质的折射率 n 。

实验中常用直角三棱镜（已知 N 的介质）进行测量。如图 (2) 掠射光线由待测折射率为 n 的介质入射到折射率为 N 的直角三棱镜 ABC 中，产生折射临界角 r_c ，然后以出射角 i_0 射入折射率为 1 的空气中。所有入射角小于 90° 光线入射到三棱镜 ABC 中时，其折射角都小于 r_c ，而从三棱镜 AB 边射出时，其出射角都大于 i_0 。故在棱镜上侧光线出射处放一望远镜，则具有不同出射角的平行光线都会聚在望远镜焦面的不同位置上。当望远镜筒轴线与出射角为 i_0 的光线平行时，从目镜中可以看到半边是明区和半边是暗区，并在明暗区间有一条分界线的现象，即“半影视场”。此时望远镜与 AB 表面的垂线间的夹角即为出射角 i_0 ，因为 i_0 与临界角 r_c 间有一定关系，将此关系代入 (2) 式并加以整理（见附 1）得：

$$n = \sin A \sqrt{N^2 - \sin^2 i_0} - \cos A \cdot \sin i_0 \quad (3)$$

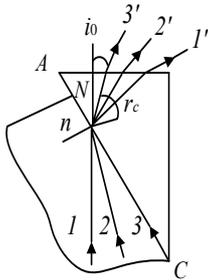


图 2

若已知棱镜顶角 A 及折射率 N ，测得出射角 i_0 ，即可算出待测物质的折射率 n 。

在阿贝折射仪中，实际上是用转动棱镜的方法去改变 i_0 ，以适应不同折射率 n 值的测量。而读数望远镜中的标尺（分度盘），则已按（3）式将出射角 i_0 换算成折射率值标出，故现场中的读数即为被测物质的折射率。

【实验内容】

1. 认真阅读仪器说明书，了解阿贝折射仪的结构和使用方法。
2. 测定酒精的浓度与其折射率的关系曲线。

在一定温度下，对一定浓度的某种溶液来说，其折射率是一定的。不同浓度的溶液将具有不同的折射率，即浓度与折射率具有一定关系。本实验将测量酒精的浓度与其折射率关系曲线。

见产品说明书（图六）。打开小反光镜（4），调节反射镜（18），使两个望远镜视场明亮，调节望远镜系统中的目镜（6），看清分划板上的刻度线（X型准线），调节读数望远镜中的目镜（6），并转动棱镜手轮（2），看清刻度值，再把棱镜组（13）打开，用酒精将棱镜表面擦洗干净，将某一已知浓度（本实验五种酒精浓度是已知的）的酒精用滴管注入照明棱镜的磨砂面上，使之均匀铺满一层。合上棱镜，转动棱镜手轮（2）使照明望远镜中见到“半影视场”，转动消色散棱镜手轮（10）直至能看到很清晰的暗区边缘为止，再调节手轮（2）使暗区边缘恰好与十字线叉丝重合，由刻度盘上记下此时的折射率。

然后重新清洗棱镜表面换上其他已知浓度的酒精，同样测出其折射率。并以此为横坐标，以浓度为纵坐标，作浓度与折射率的关系曲线。

3. 根据曲线测定酒精的浓度

用（2）所述的方法测定二种未知浓度酒精的折射率，从上面所作的曲线上找出其纵坐标所对应的酒精浓度值。

4. 测定蒸馏水的折射率与温度的关系曲线

对一定的液体，如温度发生变化，其折射率也将随着改变，即折射率与温度也存在一定的关系曲线。

用（2）中所述方法，将酒精改用蒸馏水，然后将超级恒温控制器（使用方法见说明书）与折射仪的恒温器接头连接，调节超级恒温控制器，改变蒸馏水温度，每升高 5—10℃测定折射率一次，作蒸馏水的折射率与温度的关系曲线。

- *5. 测定玻璃的折射率：分别用透射（掠如法）法和反射法测出所给玻璃的折射率。

【注意事项】

1. 阿贝棱镜质地较软，再利用滴管加液时，不能让滴管碰到棱镜面上，以免划伤；并

合棱镜时，应防止待测液层中存在有气泡。

2. 每次测量后，棱镜表面必须用蒸馏水冲洗干净，用棉花擦镜纸轻轻把水分吸干，擦净。

3. 实验前，应首先用蒸馏水或已知标准折射率的油来校正阿贝折射仪的读数。

4. 测固体折射率时，接触液— α 溴代萘的用量要适当，不能涂得太多，过多待测玻璃或固体容易滑下，损坏。

5. 实验完毕，必须将仪器擦洗干净，整理放妥。

【预习思考题】

1. 透射法（掠入射法）测定液体折射率的理论依据是什么？半影视场是怎么形成？
2. 透射法中为什么要用照明棱镜？入射光的强弱对测量有什么影响？为什么？

【讨论思考题】

1. 如果待测液体的折射率 n 大于折射棱镜的折射率 N ，能不能用掠入射法来测定 n ？
2. 为什么应用反射法测量固体的折射率时，阿贝折射仪的刻度公式仍然使用？一般反射法使用在什么场合下？
3. 在测量蒸馏水的折射率与温度实验曲线时，若水分蒸发完了，则会出现什么现象？为什么？

【附录 I】

公式 $n = \sin A \sqrt{N^2 - \sin^2 i_0} - \cos A \cdot \sin i_0$ 推导：

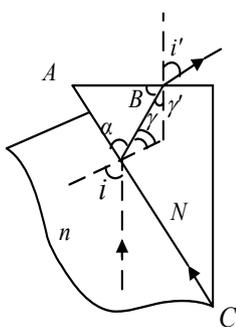


图 3

图 3 中 $\angle A + \angle \alpha + \angle B = 180^\circ$

而 $\angle \alpha + \angle \gamma + \angle B + \angle \gamma' = 180^\circ$

$$\therefore \angle A = \angle \gamma + \angle \gamma'$$

对掠射光 $i=90^\circ$ ， $\gamma=\gamma_c$ ， $i' = i_0$

根据折射定律的 (1) 式：

$$n \sin 90^\circ = N \sin \gamma_c$$

$$N \sin \gamma' = \sin i_0$$

$$\angle A = \angle \gamma_c + \angle \gamma'$$

代去 γ_c 及 $\angle \gamma'$ 得

$$n = N \sin \gamma_c = N \sin (A - \gamma')$$

$$= N \sin A \cos \gamma' - (N \sin \gamma') \cos A$$

$$= N \sin A \sqrt{1 - \sin^2 \gamma'} - \sin i_0 \cos A$$

$$= \sin A \sqrt{N^2 - N^2 \sin^2 \gamma'} - \sin i_0 \cos A$$

$$= \sin A \sqrt{N^2 - \sin^2 i_0} - \sin i_0 \cos A$$

【附录 II】用阿贝折射仪测固体折射率

测量固体样品时，若样品透明，则将样品的一个抛光面与折射棱镜（3）并合，其间加一层折射率介于样品与阿贝棱镜之间的接触液（一般为 α -溴代萘 $n_D=1.6626$ ）。而样品的另一边不需抛光，就可以进行测读见图 4（a），当样品不透明或仅有一个抛光面时，则应用反射法测量，如图 4（b）所示：样品与折射棱镜（3）之间，同样需要加入接触液层。

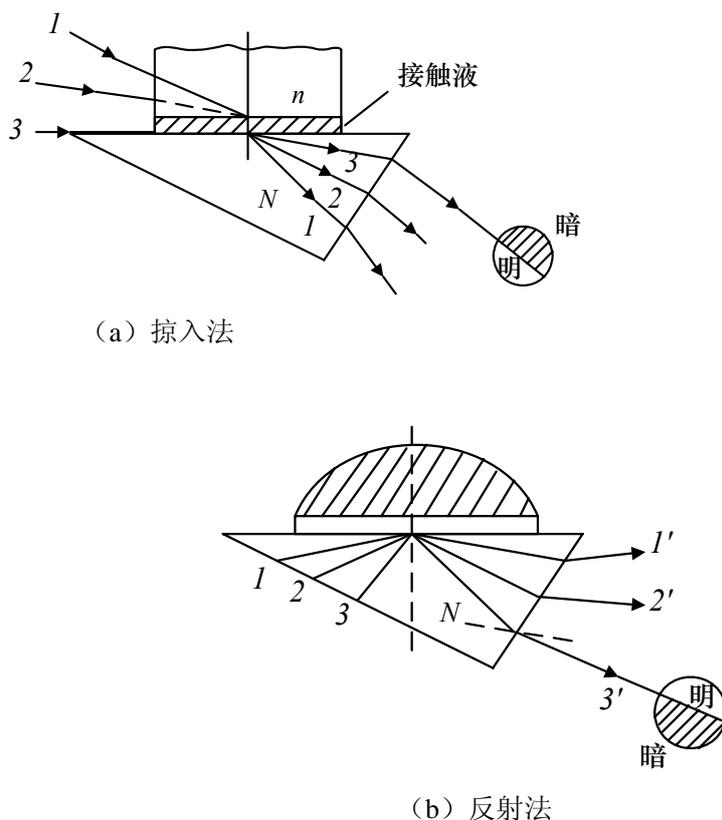


图 4

【附录 III】阿米西棱镜的消色散作用

阿米西棱镜（又称阿米西补偿器），由两组完全相同的棱镜组成。每组由三块分光棱镜合成。这二个复合棱镜组可以用一个旋钮调节，使之绕测量望远镜光轴各自沿相反的方向同时转动；在平行于阿贝棱镜主截面的平面内，产生或正或负，或大或小的色散，以此可以抵消阿贝棱镜及样品所产生的色散。从补偿器的旋钮刻度中，参照仪器附表，还可以推知待测样品的平均色散率（ $n_F - n_C$ ）的值。